Buku Teks Bahan Ajar Siswa

KURIKULUM 2013

Paket Keahlian: Budidaya Rumput Laut

Produksi Pakan Buatan



Direktorat Pembinaan Sekolah Menengah Kejuruan
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan
Republik Indonesia

KELAS
X
SEMESTER 1

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi sikap, pengetahuan dan keterampilan secara utuh. Keutuhan tersebut menjadi dasar dalam perumusan kompetensi dasar tiap mata pelajaran mencakup kompetensi dasar kelompok sikap, kompetensi dasar kelompok pengetahuan, dan kompetensi dasar kelompok keterampilan. Semua mata pelajaran dirancang mengikuti rumusan tersebut.

Pembelajaran kelas X dan XI jenjang Pendidikan Menengah Kejuruhan yang disajikan dalam buku ini juga tunduk pada ketentuan tersebut. Buku siswa ini diberisi materi pembelajaran yang membekali peserta didik dengan pengetahuan, keterapilan dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak, dan sikap sebagai makhluk yang mensyukuri anugerah alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui pemanfaatan yang bertanggung jawab.

Buku ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharuskan. Sesuai dengan pendekatan yang digunakan dalam kurikulum 2013, siswa diberanikan untuk mencari dari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serp siswa dengan ketersediaan kegiatan buku ini. Guru dapat memperkayanya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dari lingkungan sosial dan alam.

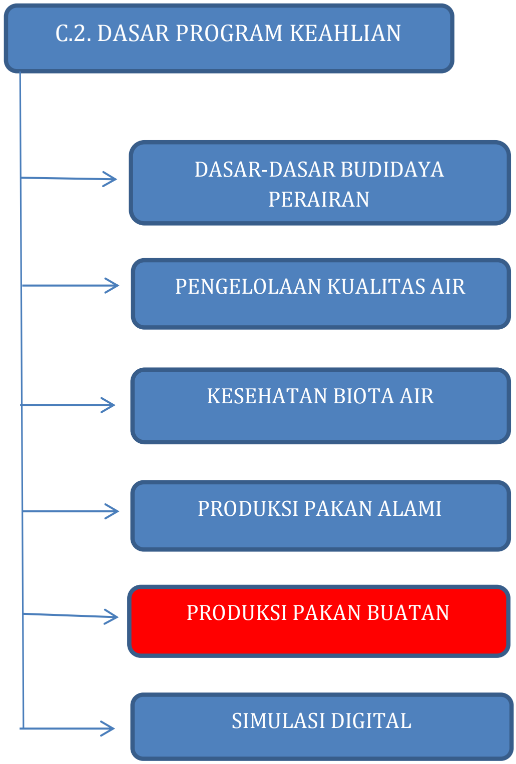
Buku ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan. Untuk itu, kami mengundang para pembaca memberikan kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan. Atas kontribusi tersebut, kami ucapkan terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

DAFTAR ISI

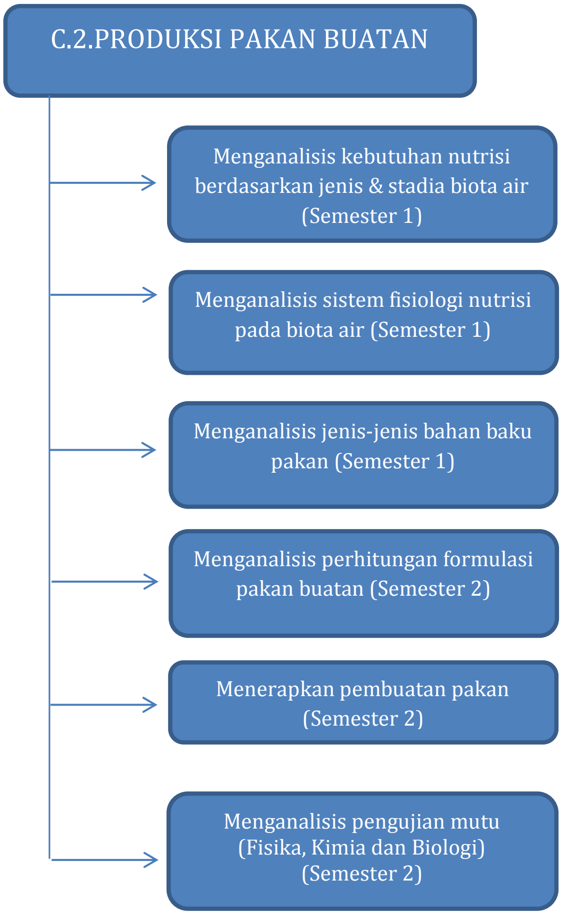
DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

PETA KEDUDUKAN BAHAN AJAR



Peta Kedudukan Bahan Ajar Produksi Pakan Buatan



GLOSARIUM

Adaptasi	:	Masa penyesuaian suatu organisme dalam lingkungan baru.
Aerasi	:	Pemberian udara ke dalam air untuk penambahan oksigen
Alga	:	Tumbuh-tumbuhan sederhana, berfotosintesis, berorgan produksi uniseluler serta tidak berakar, berbatang dan tidak berdaun
Aklimatisasi	:	Penyesuaian fisiologis terhadap perubahan salah satu faktor lingkungan
Antibiotik	:	Bahan kimiawi yang membunuh bakteri atau menghambat pertumbuhannya.
Asam lemak jenuh (*Saturated fatty acid*)	:	Asam lemak dimana semua karbon dalam ekor hidrokarbonnya dihubungkan oleh ikatan tunggal, sehingga memaksimumkan jumlah atom hidrogen yang dapat berikatan dengan kerangka karbon.
Asam lemak tak jenuh (*Unsaturated fatty acid*)	:	Asam lemak yang memiliki satu atau lebih ikatan ganda antara karbon-karbon dalam ekor hidrokarbon. Ikatan seperti itu mengurangi jumlah atom hidrogen yang terikat ke kerangka karbon.
Asam nukleat	:	Suatu polimer yang terdiri atas banyak monomer nukleotida, yang berfungsi sebagai cetak biru untuk protein dan melalui kerja protein, untuk semua aktivitas seluler. Ada dua jenis yaitu DNA dan RNA.
Asam amino essensial	:	Asam amino yang tidak dapat disintesis sendiri oleh tubuh hewan sehingga harus tersedia dalam makanan.
Aseksual	:	Perkembangbiakan tidak melalui perkawinan
Auksospora	:	Sel-sel yang besar berasal dari perkembangbiakan zigot baru
Autotrop	:	Organisme yang mampu menyediakan/mensintesis makanan sendiri yang berupa bahan organik dari bahan anorganik dengan bantuan energi seperti matahari dan kimia. Komponen autotrof berfungsi sebagai produseneberapa generasi.

Benthos	:	Organisme yang hidup di dasar perairan
Biomassa	:	Bobot kering bahan organik yang terdiri atas sekelompok organisme di dalam suatu habitat tertentu atau bobot seluruh bahan organik pada satuan luas dalam suatu waktu tertentu.
Budidaya	:	Usaha yang bermanfaat dan memberi hasil, suatu sistem yang digunakan untuk memproduksi sesuatu di bawah kondisi buatan.
Cyste	:	Fase dorman dari Crustacea karena kondisi lingkungan yang tidak sesuai
Dekomposer	:	Fungi dan bakteri saprotropik yang menyerap nutrien dari materi organik yang tidak hidup seperti bangkai, materi tumbuhan yang telah jatuh dan buangan organisme hidup dan mengubahnya menjadi bentuk anorganik.
Densitas	:	Jumlah individu persatuan luas atau volume atau masa persatuan volume yang biasanya dihitung dalam gram/cm3 atau jumlah sel/ml.
Deoksiribosa	:	Komponen gula pada DNA, yang gugus hidroksilnya kurang satu dibandingkan dengan ribosa, komponen gula pada RNA
Detritus	:	Materi organik yang telah mati atau hancuran bahan organik yang berasal dari proses penguraian secara biologis.
Disipon	:	Membersihkan badan air dengan mengeluarkan kotoran bersama sebagian jumlah air.
Disucihamakan	:	Disterilkan dari jasad pengganggu.
Dorsal	:	Bagian punggung
Diagnosis	:	Proses pemeriksaan terhadap suatu hal
Dormant	:	Telur yang dibuahi dan merupakan dinding tebal dan jika menetas menjadi betina amiktik.
Ekspresi gen	:	Serangkaian proses penerjemahan informasi genetik (dalam bentuk urutan basa pada DNA atau RNA) menjadi protein dan fenotipe.

Embriogenesis	:	Proses perkembangan embrio
Fekunditas	:	Jumlah sel telur yang dihasilkan oleh seekor hewan betina pertahun atau persatuan berat hewan.
Fertilisasi	:	Penyatuan gamet haploid untuk menghasilkan suatu zigot diploid.
Flagella	:	Tonjolan berbentuk cambuk pada salah satu sel untuk alat gerak.
Fotosintesis	:	Pengubahan energi cahaya menjadi energi kimiawi yang disimpan dalam glukosa atau senyawa organik lainnya atau asimilasi karbon yang menggunakan cahaya sebagai energi.
Food chain	:	Proses transfer energi makanan dari sumbernya (tumbuhan) melalui serangkaian makhluk hidup yang makan dan dimakan
Hermaphrodit	:	Individu yang mempunyai alat kelamin jantan dan betina.
Herbivora	:	Hewan heterotropik yang memakan tumbuhan.
Heterotrop	:	organisme yang membutuhkan senyawa organik dalam hidupnya atau tidak mampu menyediakan makanan sendiri.
Inkubasi	:	Masa penyimpanan
Interfase	:	Fase dimana tidak ada perubahan pada inti sel, waktu istirahat.
Isogami	:	penyatuan dua sel kelamin (gamet) yang sama bentuk dan ukurannya
Karakter kuantitatif	:	Suatu ciri yang dapat diturunkan dalam suatu populasi yang bervariasi secara kontinu sebagai akibat pengaruh lingkungan dan pengaruh tambahan dua atau lebih gen.
Kista/Cyste	:	Suatu stadia istirahat pada hewan cladosera atau krustacea tingkat rendah.
Larva	:	Organisme yang belum dewasa yang baru keluar dari telur atau stadia setelah telur menetas.
Larutan hipoklorit	:	Larutan yang mengandung HClO

Nauplii	:	Bentuk stadia setelah menetas pada crustacea atau copepoda.
Omnivore	:	Organisme pemakan segala
Ovarium	:	Kelenjar kelamin betina yang menghasilkan ovum.
Ovipar	:	Berkembangbiak dengan menghasilkan telur.
Ovovivipar	:	Berkembangbiak dengan menghasilkan telur tetapi telur tersebut menetas dalam tubuh induknya.
Ovulasi	:	Proses terlepasnya sel telur dari folikel.
Partenogenesis	:	Perkembangbiakan telur menjadi individu baru tanpa pembuahan telur dan menghasilkan telur diploid.
Pemijahan	:	Proses peletakan telur atau perkawinan
Pigmen	:	Zat warna tubuh
Plankton	:	Mikroorganisme yang hidup melayang-layang di air
Phytoplankton	:	Organisma air yang melayang-layang mengikuti pergerakan air dan berupa jasad nabati.
Plankton net	:	Jaring dengan mesh size yang disesuaikan dengan plankton. Plankton Net untuk fitoplankton berukuran diameter 31 cm dengan mata jaring berukuran 30 – 60 mikron.Plankton Net untuk zooplankton berukuran diameter 45 cm dengan mata jaring berukuran 150 – 500 mikron. Plankton Net untuk ikhtyoplankton berukuran diamater 55 cm.
Populasi	:	Sekelompok makhluk hidup terdiri atas berbagai kumpulan yang saling berinteraksi sesamanya pada suatu tempat dan waktu tertentu
Reproduksi	:	Proses perkembangbiakan baik secara aseksual maupun seksual.
Seleksi	:	Pemisahan populasi dasar ke dalam ke dua kelompok, yaitu kelompok terpilih dan kelompok yang harus terbuang.
Spermatogenesis	:	Proses perkembangan spermatogonium menjadi spermatid

Spermatogonium	:	Sel-sel kecambah untuk membentuk sperma
Spermatozoa	:	Sel gamet jantan dengan inti haploid yang memiliki bentuk berekor.
Spermiasi	:	Proses dimana spermatozoa dilepaskan dari cyste dan masuk kedalam lumen.
Spermiogenesis	:	Proses metamorfosa spermatid menjadi spermatozoa
Testis	:	Gonad yang berperan menghasilkan sperma
Up welling	:	Naiknya massa air dari lapisan bawah permukaan air karena proses fisik
Uniseluler	:	makhluk hidup bersel tunggal
Zygot	:	Sel diploid sebagai hasil perpaduan gamet jantan dan gamet betina haploid.
Zooplankton		Plankton hewani, organisma air yang melayang-layang mengikuti pergerakan air dan berupa jasad hewani.

I. PENDAHULUAN

A. DESKRIPSI

Bidang Keahlian : Perikanan dan Kelautan

Program Keahlian : Teknologi Budidaya Perairan

Mata Pelajaran : Produksi Pakan Buatan

1. Pengertian

Produksi pakan buatan adalah ilmu yang mempelajari tentang usaha penyediaan pakan yang dibuat oleh manusia untuk biota air peliharaan yang berasal dari berbagai macam bahan baku yang mempunyai kandungan gizi yang baik sesuai dengan kebutuhan biota air dan dalam pembuatannya sangat memperhatikan sifat dan ukuran biota air yang dibudidayakan.

2. Rasional

Tuhan telah menciptakan alam semesta ini dengan segala keteraturannya dan segala kebutuhan yang diperlukan oleh makhluk hidup. Untuk kelangsungan hidupnya, biota air membutuhkan pakan yang dapat diperoleh secara alami atau tersedia di alam dan pakan yang berasal dari luar lingkungan budidaya, yaitu pakan buatan. Pakan buatan dibuat oleh manusia untuk mengantisipasi kekurangan pakan yang berasal dari alam yang kontinuitas produksinya tidak dapat dipastikan. Dengan membuat pakan buatan diharapkan jumlah pakan yang dibutuhkan oleh biota air yang dibudidayakan akan terpenuhi setiap saat.

Pakan buatan yang dibuat harus sesuai dengan kebutuhan nutrisi biota air yang dibudidayakan, sehingga dapat memberikan pertumbuhan yang optimal. Selain itu, pakan yang dibuat sendiri juga harus mempunyai kandungan protein dan energi yang sesuai dengan kebutuhan biota air yang dibudidayakan. Hal lain yang harus diperhatikan dalam membuat pakan adalah perolehan bahan baku yang tidak menganggu keseimbangan lingkungan, karena lingkungan alam merupakan faktor penting bagi kehidupan semua makhluk hidup. Lingkungan alam yang dijaga dengan baik maka akan memberikan ketenangan dan kenyamanan bagi kehidupan makhluk hidup. Oleh karena itu, segala sesuatu yang dipelajari dalam mata pelajaran produksi pakan buatan membuktikan adanya kebesaran Tuhan.

3. Tujuan

Mata pelajaran produksi pakan buatan bertujuan untuk:

- Menghayati hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya sebagai bentuk kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya;
- Mengamalkan pengetahuan dan keterampilan pada pembelajaran produksi pakan buatan sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia;
- Menghayati sikap cermat, teliti dan tanggungjawab sebagai hasil implementasi dari pembelajaran produksi pakan buatan;
- Menghayati pentingnya kerjasama sebagai hasil implementasi dari pembelajaran produksi pakan buatan;
- Menghayati pentingnya kepedulian terhadap kebersihan lingkungan laboratorium/lahan praktek sebagai hasil implementasi dari pembelajaran produksi pakan buatan;

- Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggung jawab sebagai hasil dari implementasi pembelajaran produksi pakan buatan;
- Menjalankan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan berdiskusi dalam mata pelajaran produksi pakan buatan;
- Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan;

4. Ruang Lingkup Materi

- Zat nutrisi yang dibutuhkan ikan
- Macam-macam kebutuhan nutrient sesuai stadia
- Perhitungan kebutuhan nutrien sesuai stadia
- Sistem pencernaan biota air
- Proses metabolisme pada ikan
- Pemanfaatan energi/ bioenergetika pada ikan
- Energi pakan
- Nutrisi yang tekandung pada bahan baku pakan
- Jenis-jenis bahan baku pakan

5. Prinsip-prinsip Belajar, Pembelajaran, dan Asessmen

Prinsip-prinsip Belajar

- Berfokus pada student (student center learning),

- Peningkatan kompetensi seimbang antara pengetahuan, ketrampilan dan sikap
- Kompetensi didukung empat pilar yaitu : inovatif, kreatif, afektif dan produktif

6. Pembelajaran

- Mengamati (melihat, mengamati, membaca, mendengar, menyimak)
- Menanya (mengajukan pertanyaan dari yang faktual sampai ke yang bersifat hipotesis
- Mengeksplorasi/eksperimen (menentukan data yang diperlukan, menentukan sumber data, mengumpulkan data)
- Mengasosiasi (menganalisis data, menyimpulkan dari hasil analisis data)
- Mengkomunikasikan (menyampaikan hasil konseptualisasi dalam bentuk lisan, tulisan diagram, bagan, gambar atau media)

7. Penilaian/asessmen

- Penilaian dilakukan berbasis kompetensi,
- Peniaian tidak hanya mengukur kompetensi dasar tetapi juga kompetensi inti dan standar kompetensi lulusan.
- Mendorong pemanfaatan portofolio yang dibuat siswa sebagai instrument utama penilaian kinerja siswa pada pembelajaran di sekolah dan industri.
- Penilaian dalam pembelajaran pakan buatan dapat dilakukan secara terpadu dengan proses pembelajaran.
- Aspek penilaian pembelajaran pakan buatan meliputi hasil belajar dan proses belajar siswa.

- Penilaian dapat dilakukan dengan menggunakan tes tertulis, observasi, tes praktik, penugasan, tes lisan, portofolio, jurnal, inventori, penilaian diri, dan penilaian antar teman.
- Pengumpulan data penilaian selama proses pembelajaran melalui observasi juga penting untuk dilakukan.
- Data aspek afektif seperti sikap ilmiah, minat, dan motivasi belajar dapat diperoleh dengan observasi, penilaian diri, dan penilaian antar teman.

Buku teks bahan ajar siswa yang berjudul produksi pakan buatan semester satu ini berisi materi tentang:

1. Zat-zat nutrisi yang dibutuhkan ikan
2. Perhitungan kebutuhan nutrien
3. Sistem pencernaan biota air dikaitkan dengan nutrisi
4. Proses metabolisme pada ikan
5. Pemanfaatan Energi
6. Energi pakan
7. Jenis-jenis bahan baku pakan
8. Rekayasa bahan baku pakan

B. PRASYARAT

Prasyarat yang harus dikuasai oleh siswa yang akan mempelajari buku teks bahan ajar siswa yang berjudul produksi pakan buatan semester satu adalah memahami pengetahuan biologi dasar, matematika dan kimia.

C. PETUNJUK PENGGUNAAN

Penjelasan bagi siswa tentang tata cara belajar dengan buku teks bahan ajar , antara lain:

a. Langkah-langkah belajar yang ditempuh, peserta didik mendapat penjelasan tentang ruang lingkup materi, kriteria keberhasilan penguasaan kompetensi dan strategi yang akan dilaksanakan
b. Penguasaan konsep, peserta didik mempelajari buku teks bahan ajar siswa secara mandiri di luar jam tatap muka, selanjutnya secara berkelompok peserta didik melakukan diskusi (topik minimal mengacu pada uraian materi yang telah didesain dalam buku teks bahan ajar siswa, dan apabila masih dirasa kurang dapat dikembangkan) untuk menyamakan persepsi terhadap konsep dasar yang dipelajari. Kegiatan diskusi ini dipandu oleh fasilitator. Setelah diskusi peserta didik melakukan presentasi hasil diskusi secara bergantian, kelompok lain dapat mengajukan pertanyaan, saran atau masukan. Selanjutnya peserta didik secara berkelompok memperbaiki hasil diskusi berdasarkan saran/masukan dari kelompok lainnya atau saran dari fasilitator.
c. Pengenalan fakta, untuk mengetahui bagaimana konsep kompetensi dasar yang sedang dipelajari dilaksanakan oleh masyarakat/ bagaimana masyarakat kerja pada kompetensi dasar yang sedang dipelajari, peserta didik melakukan observasi pengenalan fakta di masyarakat. Melalui pengenalan fakta ini diharapkan dapat mengetahui sikap apa yang dapat dipelajari dari aktivitas masyarakat dalam rangka memperkaya konsep yang sedang dipelajari, atau bagaimana menggunakan konsep yang sedang dipelajari untuk kinerja masyarakat dalam melakukan aktivitasnya.
d. Refleksi, setelah peserta didik menguasai konsep dasar dan melihat fakta di lapangan tentang penerapan pengetahuan dalam kehidupan

masyarakat, selanjutnya peserta membuat refleksi apa yang akan anda laksanakan terhadap kompetensi dasar/kompetensi yang sedang dipelajari.

e. Menyusun analisis dan sintesis, analisis dilakukan terhadap tingkat kesesuaian daya dukung yang ada untuk melaksanakan hasil refleksi. Sintesis dilakukan untuk melakukan rekonstruksi/modifikasi hasil refleksi dengan memperhatikan potensi dan daya dukung yang tersedia, agar kompetensi dapat tercapai.

f. Mengimplementasikan, kegiatan ini merupakan pengimplementasian konsep dasar dalam kegiatan produksi (hasil analisis dan sintesis selanjutnya dilakukan perencanaan kerja termasuk kriteria keberhasilan, pelaksanaan kegiatan termasuk pembagian tugas, mengamati proses, melakukan evaluasi hasil kegiatan, diskusi terhadap hasil kegiatan, membuat kesimpulan dan umpan balik/ rekomendasi terhadap konsep yang ada setelah dilakukan analisis dan sistesis).

g. Sertifikasi, setelah siswa menyelesaikan suatu unit kompetensi, akan dilakukan sertifikasi kompetensi. Sertifikasi dilakukan oleh eksternal dan menggunakan portofolio hasil belajar (*evidance of learning*). Pada kurikulum 2013 akan dilakukan Ujian Tingkat Kompetensi (UTK) dan Ujian Mutu Tingkat Kompetensi (UMTK). UTK dilakukan oleh pihak sekolah pada akhir kelas XI adalah UTK V dan akhir kelas XII UTK VI, sedangkan UMTK dilakukan oleh pemerintah pada tiap akhir tingkat kompetensi.

h. Guru dalam proses pembelajaran berfungsi memfasilitasi kegiatan belajar siswa, kegiatan ini berfokus pada aktivitas siswa. Semua aktivitas belajar mengajar hasilnya dikelola dalam bentuk portofolio sebagai bukti penguasaan kompetensi.

D. TUJUAN AKHIR

Setelah mempelajari buku teks bahan ajar siswa produksi pakan buatan semester satu siswa mampu membuat formulasi pakan ikan yang akan dipergunakan dalam produksi pakan buatan secara terkontrol agar formula pakan buatan tersebut sesuai dengan kebutuhan larva,benih dan induk yang mengkonsumsi pakan selama proses pemeliharaan.

E. KOMPETENSI INTI DAN KOMPETENSI DASAR

Bidang Keahlian : Perikanan dan Kelautan

Program Keahlian : Teknologi Budidaya Perairan

Mata Pelajaran : Produksi Pakan Buatan

KELAS: X

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
1. Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1 Menghayati hubungan antara makhluk hidup dan lingkungannya sebagai bentuk kompleksitas alam dan jagad raya terhadap kebesaran Tuhan yang menciptakannya. 1.2 Mengamalkan pengetahuan dan keterampilan pada pembelajaran produksi pakan buatan sebagai amanat untuk kemaslahatan umat manusia.
2. Menghayati dan Mengamalkan perilaku jujur, disiplin,	2.1 Menghayati sikap cermat, teliti dan tanggungjawab sebagai hasil implementasi dari pembelajaran

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	produksi pakan buatan 2.2 Menghayati pentingnya kerjasama sebagai hasil implementasi pembelajaran produksi pakan buatan 2.3 Menghayati pentingnya kepedulian terhadap kebersihan lingkungan laboratorium/lahan praktek sebagai hasil implementasi dari pembelajaran produksi pakan buatan 2.4 Menghayati pentingnya bersikap jujur, disiplin serta bertanggung jawab sebagai hasil implementasi dari pembelajaran produksi pakan buatan 2.5 Menjalankan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu, objektif, jujur, teliti, cermat, tekun, hati-hati, bertanggungjawab, terbuka, kritis, kretaif, inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan diskusi dalam mata pelajaran produksi pakan buatan.

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
	2.6 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan
3. Memahami dan menerapkan pengetahuan faktual, konseptual, dan prosedural berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dalam wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah.	3.1 Menganalisis macam-macam kebutuhan nutrisi biota air 3.2 Menganalisis sistem fisiologi nutrisi pada biota air 3.3 Menganalisis jenis-jenis bahan baku pakan 3.4 Menganalisis perhitungan formulasi pakan buatan 3.5 Menerapkan pembuatan pakan 3.6 Menganalisis pengujian mutu (fisika, kimia, biologi) pakan buatan
4. Mengolah, menalar, dan menyaji dalam ranah konkret dan	4.1 Mengolah, menalar, dan menyaji macam-macam kebutuhan nutrisi pakan buatan

KOMPETENSI INTI	KOMPETENSI DASAR
ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung	4.2 Mengolah, menalar, dan menyaji sistem fisiologi nutrisi pada biota air 4.3 Mengolah, menalar dan menyaji jenis – jenis bahan baku pakan 4.4 Mengolah, menalar, dan menyaji perhitungan formulasi pakan buatan 4.5 Melakukan pembuatan pakan 4.6 Melakukan pengujian mutu (fisika, kimia, biologi) pakan buatan

F. CEK KEMAMPUAN AWAL

No.	Pernyataan	Kondisi	
		Ya	Tidak
1.	Apakah anda mengetahui macam-macam zat nutrisi yang dibutuhkan biota air ?		
2.	Apakah anda mengetahui kebutuhan protein yang diperlukan untuk pertumbuhan biota air (ikan, kekerangan dan crustacea)?		
3.	Apakah anda mengetahui kebutuhan karbohidrat yang diperlukan untuk pertumbuhan biota air (ikan, kekerangan dan crustacea) ?		

No.	Pernyataan	Kondisi	
		Ya	Tidak
4.	Apakah anda mengetahui kebutuhan lemak yang diperlukan untuk pertumbuhan biota air (ikan, kekerangan dan crustacea)?		
5.	Apakah anda mengetahui kebutuhan vitamin yang diperlukan untuk pertumbuhan biota air (ikan, kekerangan dan crustacea)?		
6.	Apakah anda mengetahui kebutuhan mineral yang diperlukan untuk pertumbuhan biota air (ikan, kekerangan dan crustacea)?		
7.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan protein ikan sesuai stadia ?		
8.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan protein kekerangan sesuai stadia ?		
9.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan protein crustacea sesuai stadia ?		
10.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan karbohidrat ikan sesuai stadia ?		
No.	Pernyataan	Kondisi	

		Ya	Tidak
11.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan karbohidrat kekerangan sesuai stadia ?		
12.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan karbohidrat crustacea sesuai stadia ?		
13.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan lemak ikan sesuai stadia ?		
14.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan lemak kekerangan sesuai stadia ?		
15.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan lemak krustacea sesuai stadia ?		
16.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan vitamin ikan sesuai stadia ?		
17.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan vitamin kekerangan sesuai stadia ?		
18.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan vitamin crustacea sesuai stadia ?		
19.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan mineral ikan sesuai stadia ?		
20.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan mineral kekerangan sesuai stadia ?		
No.	**Pernyataan**	**Kondisi**	

		Ya	Tidak
21.	Apakah anda mengetahui perhitungan kebutuhan mineral crustacea sesuai stadia ?		
22.	Apakah anda mengetahui jenis-jenis bahan baku pakan ?		
23.	Apakah anda mengetahui kandungan nutrisi bahan baku pakan?		
24.	Apakah anda mengetahui jenis-jenis bahan baku yang termasuk dalam basal feed ?		
25.	Apakah anda mengetahui jenis-jenis bahan baku yang termasuk dalam suplemen feed ?		
26.	Apakah anda mengetahui jenis-jenis bahan baku yang termasuk dalam additive feed ?		
27.	Apakah anda mengetahui fisiologi nutrisi pada ikan ?		
28.	Apakah anda mengetahui fisiologi nutrisi pada kekerangan ?		
29.	Apakah anda mengetahui fisiologi nutrisi pada krustacea ?		
30.	Apakah anda mengetahui sistem pencernaan ikan?		
No.	**Pernyataan**	**Kondisi**	

		Ya	Tidak
31.	Apakah anda mengetahui sistem pencernaan kekerangan?		
32.	Apakah anda mengetahui sistem pencernaan crustacea?		
33.	Apakah anda mengetahui proses metabolisme pada ikan ?		
34.	Apakah anda mengetahui proses metabolisme pada kekerangan ?		
35.	Apakah anda mengetahui proses metabolisme pada crustacea ?		
36.	Apakah anda mengetahui pemanfaatan energi/bioenergetika pada ikan ?		
37.	Apakah anda mengetahui kebutuhan energi pada ikan ?		
38.	Apakah anda mengetahui kebutuhan energi pada kekerangan ?		
39.	Apakah anda mengetahui kebutuhan energi pada krustacea ?		
40	Apakah anda dapat melakukan rekayasa terhadap bahan baku pakan ?		

II. PEMBELAJARAN

KEGIATAN BELAJAR 1: Menganalisis macam-macam kebutuhan nutrisi pakan buatan

A. Deskripsi

Buku teks bahan ajar siswa yang berjudul produksi pakan buatan semester satu merupakan bahan ajar minimal yang dipergunakan dalam proses belajar mengajar di SMK. Mata pelajaran produksi pakan buatan diberikan sebagai mata pelajaran dasar program keahlian yang diajarkan pada kelas X semester satu dan dua. Pada semester satu digunakan buku teks bahan ajar siswa yang berjudul Produksi Pakan Buatan semester satu, sedangkan pada semester dua menggunakan buku teks bahan ajar siswa yang berjudul Produksi Pakan Buatan semester dua.

Pada semester satu ini akan mempelajari tiga kompetensi dasar yang akan diberikan pembelajaran dalam satu semester sebanyak 3 jam selama 20 minggu pembelajaran, sehingga dalam satu semester membutuhkan waktu 60 jam pembelajaran. Dalam pelaksanaan pembelajaran disesuaikan dengan kemampuan sekolah untuk menganalisis pembagian jam pembelajaran pada setiap kompetensi dasar.

Setiap kompetensi dasar dalam buku teks bahan ajar siswa ini dibagi dalam tiga kegiatan belajar sesuai dengan isi disetiap kompetensi dasar.
Kompetensi Dasar itu adalah:

1. Menganalisis kebutuhan nutrisi berdasarkan jenis dan stadia biota air.

2. Menganalisis sistem fisiologi nutrisi pada biota air.
3. Menganalisis jenis-jenis bahan baku pakan.

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Buku Teks Bahan ajar Siswa tentang menganalisis macam-macam kebutuhan nutrisi pakan buatan, Siswa mampu:

a. Menjelaskan macam-macam zat nutrisi yang dibutuhkan ikan yaitu protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan mineral
b. Menjelaskan macam-macam kebutuhan nutrien sesuai stadia
c. Menjelaskan perhitungan kebutuhan nutrien sesuai stadia

2. Uraian Materi

Apakah anda mengetahui apakah itu pakan buatan? Pakan buatan adalah pakan yang dibuat oleh manusia untuk ikan/biota air peliharaan yang berasal dari berbagai macam bahan baku yang mempunyai kandungan gizi yang baik sesuai dengan kebutuhan ikan dan dalam pembuatannya sangat memperhatikan sifat dan ukuran ikan. Pakan buatan dibuat oleh manusia untuk mengantisipasi kekurangan pakan yang berasal dari alam yang kontinuitas produksinya tidak dapat dipastikan. Dengan membuat pakan buatan diharapkan jumlah pakan yang dibutuhkan oleh ikan akan terpenuhi setiap saat. Apakah zat gizi itu? Mari kita diskusikan. Sebelum mendiskusikan tentang zat gizi kita pelajari terlebih dahulu tentang kriteria pakan buatan yang baik.

Pakan buatan yang berkualitas baik harus memenuhi kriteria-kriteria seperti:

- Kandungan gizi pakan terutama protein harus sesuai dengan kebutuhan ikan/biota air
- Diameter pakan harus lebih kecil dari ukuran bukaan mulut ikan/biota air
- Pakan mudah dicerna
- Kandungan nutrisi pakan mudah diserap tubuh
- Memiliki rasa yang disukai ikan
- Kandungan abunya rendah
- Tingkat efektivitasnya tinggi

Sebelum melakukan pembuatan pakan ikan harus dipahami terlebih dahulu tentang jenis-jenis pakan yang dapat diberikan kepada ikan budidaya. Pengelompokkan jenis-jenis pakan ikan dapat dibuat berdasarkan bentuk, berdasarkan kandungan airnya, berdasarkan sumber dan berdasarkan konstribusinya pada pertumbuhan ikan. Jenis-jenis pakan buatan berdasarkan bentuk antara lain adalah:

1. Bentuk larutan

   Digunakan sebagai pakan burayak ikan (berumur 2 - 20 hari). Larutan ada 2 macam, yaitu: 1) Emulsi, bahan yang terlarut menyatu dengan air pelarutnya; 2) Suspensi, bahan yang terlarut tidak menyatu dengan air pelarutnya. Bentuk larutan ini biasanya diberikan pada saat larva dengan komposisi bahan baku yang utama adalah kuning telur bebek atau ayam dengan tambahan vitamin dan mineral.

2. Bentuk tepung/*meals*

   Digunakan sebagai pakan larva sampai benih (berumur 2-40 hari). Tepung halus diperoleh dari remah yang dihancurkan atau dibuat

komposisi dari berbagai sumber bahan baku seperti menyusun formulasi pakan , dan biasanya diberikan pada larva sampai benih ikan.

3. Bentuk butiran/*granules*.

   Digunakan sebagai pakan benih gelondongan (berumur 40-80 hari). Tepung kasar juga diperoleh dari remah yang dihancurkan atau dibuat sama seperti membuat formulasi pakan lengkap dan bentuknya dibuat menjadi butiran.

4. Bentuk remahan/*crumble*.

   Digunakan sebagai pakan gelondongan besar/ikan tanggung (berumur 80-120 hari). Remah berasal dari pellet yang dihancurkan menjadi butiran kasar.

5. Bentuk lembaran/*flake*.

   Biasa diberikan pada ikan hias atau ikan laut dan dibuat dari berbagai bahan baku disesuaikan dengan kebutuhan dan pada saat akan dibentuk dapat menggunakan peralatan pencetak untuk bentuk lembaran atau secara sederhana dengan cara membuat komposisi pakan kemudian komposisi berbagai bahan baku tersebut dibuat emulsi yang kemudian dihamparkan di atas alas aluminium atau seng dan dikeringkan, kemudian diremas-remas.

6. Bentuk pellet tenggelam/ *sinking*.

   Biasa digunakan untuk kegiatan pembesaran ikan air tawar maupun ikan air laut yang mempunyai kebiasaan tingkah laku ikan tersebut berenang di dalam perairan. Ukuran ikan yang mengkonsumsi pakan bentuk pellet bervariasi dari ukuran bukaan mulut lebih dari 2 mm maka ukuran pelet yang dibuat biasanya 50%nya yaitu 1 mm. Bentuk pellet ini juga dapat digunakan sebagai pakan ikan dewasa yang sudah mempunyai berat > 60-75 gram dan berumur > 120 hari.

7. Bentuk pellet terapung/*floating*.

   Biasa digunakan untuk kegiatan pembesaran ikan air tawar maupun ikan air laut yang mempunyai kebiasaan tingkah laku ikan tersebut berenang di permukaan perairan. Ukuran ikan yang mengkonsumsi pakan bentuk pellet bervariasi tergantung pada ukuran bukaan mulut ikan/biota air. Jika ukuran bukaan mulut lebih dari 2 mm maka ukuran pelet yang dibuat biasanya 50% dari ukuran bukaan mulutnya yaitu 1 mm. Bentuk pellet ini juga dapat digunakan sebagai pakan ikan dewasa yang sudah mempunyai berat > 60-75 gram perekor dan berumur > 120 hari.

Jenis pakan ikan berdasarkan kandungan airnya dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu :

1. Pakan basah yaitu pakan yang mengandung air biasanya lebih dari 50%. Pakan basah biasanya terdiri dari pakan segar atau pakan beku, berupa cincangan atau gilingan daging ikan yang tidak bernilai ekonomis. Jenis pakan ini biasa diberikan kepada induk-induk ikan laut/udang, contoh pakan basah antara lain adalah cincangan daging cumi-cumi atau ikan laut.
2. Pakan lembab yaitu pakan yang mengandung air berkisar antara 20 - 40%. Pakan lembab dibuat sebagai alternatif dari pakan basah yang banyak kekurangannya antara lain dapat mencemari perairan dan kekurangan asam amino tertentu. Pakan lembab ini dibuat dengan komposisi pakan sesuai kebutuhan ikan tetapi dalam prosesnya tidak dilakukan pengeringan, dibiarkan lembab dan disimpan dalam bentuk pasta kemudian dibekukan. Tetapi ada juga pakan basah ini dibuat dengan komposisi ikan yang dipasteurisasi ditambah beberapa tambahan seperti perekat, vitamin dan mineral atau silase

ikan yang diberi beberapa komposisi zat tambahan. Pakan lembab ini dapat diberikan pada ukuran ikan dari benih sampai ke pembesaran.

3. Pakan kering yaitu pakan yang mengandung air kurang dari 10%. Jenis pakan ini yang biasa digunakan pada budidaya ikan secara intensif karena sangat mudah dalam proses distribusi, penyimpanan dan penanganannya. Jenis pakan kering ini dapat dibuat dengan berbagai macam bentuk disesuaikan dengan kebutuhan ikan dan pada setiap tahapan budidaya dapat menggunakan pakan kering ini disesuaikan dengan ukuran dan jenis ikan yang akan mengkonsumsinya.

Jenis pakan ikan berdasarkan sumbernya dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu pakan alami dan pakan buatan. Pakan alami akan dibahas pada buku teks yang berbeda. Dalam buku teks bahan ajar siswa ini akan dibahas secara detail pada semester satu dan dua kelas X dan dibagi menjadi dua buku yaitu buku teks bahan ajar siswa berjudul produksi pakan buatan semester 1 dan produksi pakan buatan semester 2.

Jenis pakan ikan berdasarkan konstribusinya dalam menghasilkan penambahan berat badan dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu :

1. *Suplementary Feed*/pakan suplemen yaitu pakan yang dalam konstribusinya hanya menghasilkan penambahan berat badan kurang dari 50%. Jenis pakan ini biasanya dibuat oleh para pembudidaya ikan dengan mencampurkan beberapa bahan baku tanpa memperhitungkan kandungan proteinnya sehingga kandungan nutrisi dari pakan ini tidak lengkap.
2. *Complete Feed*/pakan lengkap yaitu pakan yang dalam konstribusinya menghasilkan penambahan berat badan lebih dari 50%. Jenis pakan ini biasanya adalah pakan kering dengan berbagai

bentuk dimana komposisi bahan bakunya lengkap sehingga kandungan protein pakan mencukupi kebutuhan ikan yang akan mengkonsumsinya.

Dengan mengetahui jenis-jenis pakan maka para pembudidaya ikan dapat menentukan jenis pakan yang akan dibuat disesuaikan dengan ikan yang akan dipeliharanya. Jenis pakan buatan yang akan dibahas dalam buku teks bahan ajar siswa ini adalah pakan buatan yang akan dikonsumsi oleh ikan yang berukuran induk, larva atau benih sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan dalam bentuk pakan kering atau lembab. Pakan buatan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan nutrisi ikan akan memberikan pertumbuhan yang optimal bagi ikan yang mengkonsumsinya. Selain itu pakan yang dibuat sendiri mempunyai kandungan protein dan energi yang sesuai dengan kebutuhan ikan serta mempunyai harga yang lebih murah dibandingkan dengan membeli pakan buatan. Pakan merupakan komponen biaya operasional yang cukup besar dalam suatu usaha budidaya ikan sekitar 60%-80% merupakan biaya pakan. Oleh karena itu dengan mempunyai kompetensi pembuatan pakan ikan diharapkan akan mengurangi biaya produksi yang cukup besar.

Dalam membuat pakan buatan langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan perencanaan pembuatan pakan buatan. Perencanaan terhadap pembuatan pakan harus dibuat dengan seksama agar pakan yang dibuat sesuai dengan kebutuhan ikan yang mengkonsumsinya. Pengetahuan pertama yang harus dipahami adalah mengenai kandungan nutrisi dari pakan buatan.

Kandungan nutrisi yang terdapat di dalam pakan buatan harus terdiri dari protein, lemak, karbohidrat , vitamin dan mineral. Komposisi nutrisi pakan yang terdapat pada pakan buatan sangat spesifik untuk setiap

ukuran ikan. Kualitas pakan buatan ditentukan antara lain oleh kualitas bahan baku yang ada. Hal ini disebabkan selain nilai gizi yang dikandung bahan baku harus sesuai dengan kebutuhan ikan, juga pakan buatan ini disukai ikan baik rasa, aroma dan lain sebagainya yang dapat merangsang ikan untuk memakan pakan buatan ini. Pada kompetensi dasar satu ini akan dipelajari tentang macam-macam nutrisi yang dibutuhkan oleh biota air. Nutrisi yang terkandung pada bahan baku pakan akan menentukan kandungan nutrisi pakan, oleh karena itu pengetahuan tentang berbagai zat nutrisi ini harus dipahami.

a. Protein

Protein merupakan nutrisi utama yang mengandung Nitrogen dan merupakan unsur utama dari jaringan dan organ tubuh hewan dan juga senyawa Nitrogen lainnya seperti asam nukleat, enzim, hormon, vitamin dan lain-lain. Protein dibutuhkan sebagai sumber energi utama karena protein ini terus menerus diperlukan dalam makanan untuk pertumbuhan dan perbaikan jaringan yang rusak. Protein mengandung unsur Karbon sebanyak 50-55%, Hidrogen 5-7%, dan Oksigen 20-25% yang bersamaan dengan lemak dan karbohidrat, juga mengandung nitrogen sebanyak 15-18%, rata-rata adalah 16% dan sebagian lagi merupakan unsur sulfur dan sedikit mengandung fosfat dan besi. Oleh karena itu beberapa literatur mengatakan bahwa protein adalah makro molekul yang terdiri dari karbon, hidrogen, oksigen, nitrogen dan boleh juga berisi sulfur. Kadar nitrogen pada protein dapat dibedakan dari lemak dan karbohidrat serta komponen bahan organik lainnya.

Protein berasal dari bahasa Yunani yaitu Proteos yang berarti pertama atau utama. Hal ini dikarenakan protein merupakan makromolekul yang

paling berlimpah di dalam sel hidup dan merupakan 50% atau lebih berat kering sel. Protein dalam setiap sel mahluk hidup tersimpan dalam jaringan dan organ dan sebagai komponen utama jaringan tubuh ikan. Nutrient ini diperlukan untuk pertumbuhan dan perbaikan serta perawatan jaringan dan organ. Tidak ada bahan gizi lain yang dapat menggantikan peran utamanya dalam membangun dan memperbaiki sel dan jaringan yang rusak. Sebagai tambahan protein juga berperan untuk kontraksi otot dan komponen enzim, hormon dan anti bodi. Protein dalam bentuk komplek sebagai heme, karbohidrat, lipid atau asam nukleat. Hewan air harus mengkonsumsi protein untuk menggantikan jaringan tubuh yang aus/rusak (perbaikan) dan untuk mensintesis jaringan baru (pertumbuhan dan reproduksi).

Selain itu protein mempunyai peranan biologis karena merupakan instrumen molekuler yang mengekspresikan informasi genetik. Semua protein pada makhluk hidup dibangun oleh susunan yang sama yaitu 20 macam asam amino baku, yang molekulnya sendiri tidak mempunyai aktivitas biologi. Dari 20 macam asam amino ini dibagi menjadi dua kelompok yaitu asam amino essensial yaitu asam amnino yang sangat dibutuhkan oleh tubuh tetapi tubuh tidak dapat mensintesisnya di dalam tubuh, ada sebanyak 10 macam dan asam amino non essensial yaitu asam amino yang dibutuhkan oleh tubuh dan dapat disintesis dari dalam tubuh ikan itu sendiri, jumlahnya ada sepuluh macam. Dalam bab ini akan dipelajari tentang sepuluh asam amino yang penting yang diperlukan oleh ikan dan struktur bahan kimia, membedakan antara asam amino essensial dan asam amino non-essensial; asam amino yang diserap ikan; efek defisiensi dan kelebihan dari asam amino berkenaan dengan aturan makan ikan ; prosedur bagaimana cara menentukan kebutuhan asam amino secara kwantitatif dan kwalitatif pada ikan; metoda mengevaluasi

mutu protein; dan bagaimana cara menentukan kebutuhan protein beberapa jenis ikan budidaya.

Penggolongan Protein

Sampai saat ini protein dapat diklasifikasikan penggolongannya berdasarkan bentuk, struktur tiga dimensi serta penggolongan lainnya. Berdasarkan bentuk, protein dibagi menjadi dua golongan yaitu protein globular dan protein serabut.

1) **Protein globular** adalah protein yang rantai-rantai polipeptidanya berlipat rapat-rapat menjadi bentuk globular atau bulat yang padat atau berbentuk bola . Jenis protein ini biasanya larut dalam sistem larutan (air) dan segera berdifusi dan mempunyai fungsi gerak atau dinamik. Beberapa contoh dari protein globular antara lain adalah: enzim, protein transport pada darah,hormon protein, protein pecahan serum darah, antibodi dan protein penyimpan nutrien.
2) **Protein serabut** adalah protein yang tidak larut dalam air dan merupakan molekul serabut panjang dengan rantai polipeptida yang memanjang pada satu sumbu dan tidak berlipat menjadi globular. Protein globular ini terdiri dari suatu rantai panjang polypeptida. Protein ini biasanya memberikan peranan struktural atau pelindung. Beberapa contoh protein serabut antara lain adalah *collagen*, yang ditemukan dalam tulang rawan atau tulang lembut, pembuluh darah, acuan/matriks tulang, urat daging, sirip dan kulit; elastins. Hal tersebut adalah suatu komponen nadi/jalan utama dan ikatan sendi; dan keratins, di mana protein jenis ini bersifat melindungi seperti kulit dan timbangan.

Pengelompokkan protein lainnya adalah diklasifikasikan berdasarkan pada sifat fisis atau disebut juga ke dalam protein yang digolongkan berdasarkan penggolongan lain. Protein jenis ini dapat dikelompokkan ke dalam protein sederhana, protein gabungan dan protein asal.

- **Protein sederhana** adalah protein yang pada saat dihidrolisis hanya menghasilkan asam amino-asam amino atau derivat-derivatnya. Protein jenis ini antara lain adalah albumin (zat putih telur), zat serum dari darah, Lactoalbumin dari susu, Leucosin dari gandum; Albuminoids (keratin dari rambut, kuku jari tangan, bulu, wol, sutera fibroin, elastin dari jaringan/tisu menghubungkan *collagen* dari tulang rawan dan tulang); Globulins (edestin dari biji-rami, serum globulin dari darah, lactoglobulin dari susu, legumin dari kacang polong); Histones (globin dari hemoglobin, scombrone dari spermatozoa sejenis ikan air tawar); dan Protamins (salmine dari ikan salem, scombrine dari sejenis ikan air tawar). Kelompok ini dibedakan oleh daya larut dalam berbagai bahan pelarut seperti air, larutan garam, alkohol, dan oleh karakteristik lain.

- **Protein gabungan** adalah protein sederhana bergabung dengan radikal non protein. Protein jenis ini antara lain adalah nukleoprotein, glykoprotein, phosphoprotein, hemoglobins, dan lecithoproteins. Nukleoproteins adalah gabungan dari satu atau lebih molekul protein dengan asam nukleat yang disajikan dalam semua nukleus sel. Glykoprotein adalah gabungan dari molekul protein dan unsur yang berisi suatu karbohidrat selain dari asam nucleat atau lesitin misalnya mucin. Phosphoprotein adalah gabungan molekul protein dengan zat yang mengandung phosphor selain dari asam nukleat atau lecithin misalnya kasein. Hemoglobin adalah gabungan molekul protein dengan hematin atau zat-zat yang sejenis.

Lecithoprotein adalah gabungan molekul protein dengan lecithin misalnya jaringan fibrinogen.

- **Protein asal** adalah protein yang berasal dari protein bermolekul tinggi yang mengalami degradasi karena pengaruh panas, enzim, atau zat-zat kimia. Protein yang termasuk ke dalam golongan ini terdiri dari protein primer misalnya protean dan protein sekunder misalnya protease, pepton, peptida.

Pengelompokkan protein yang ketiga adalah pengelompokkan protein berdasarkan struktur protein. Seperti diketahui bahwa semua protein adalah polipetida dengan berat molekul yang besar. Suatu peptida yang mengandung lebih dari 10 asam amino dinamakan dengan polipeptida. Peptida ini mempunyai satu gugus α-asam amino bebas dan satu gugus α-karboksi bebas. Berdasarkan strukturnya protein dikelompokkan menjadi struktur primer, struktur sekunder, struktur tersier, dan struktur kwarterner.

- **Struktur Primer** merupakan struktur rangkaian asam amino yang memanjang pada suatu rantai polypeptida. Sebagai contoh, peptide Leu-Gly-Thr-His-Arg-Asp-Val mempunyai suatu struktur yang utama berbeda dari peptide Val-Asp-His-Leu-Gly-Arg-Thr.

- **Struktur sekunder** merupakan asam amino dalam rangkaian polipeptida yang membentuk suatu lilitan misalnya dalam bentuk α heliks atau lembaran berlipat β. Struktur sekunder α heliks kerangka peptida secara ketat mengelilingi sumbu panjang molekul dan gugus R residu asam amino dibiarkan mengarah keluar dari heliks dan kaya akan residu sistein yang dapat memberikan jembatan

disulfida. Konformasi yang stabil α heliks dari rantai polipeptida karena adanya ikatan peptida yang berada pada bidang datar, tidak berotasi dan pembentukan banyak ikatan. Struktur sekunder lembaran berlipat β membentuk zigzag dan tidak ada ikatan hidrogen dalam rantai polipeptida yang berdekatan. Gugus R mengarah keluar dari struktur zigzag. Pada struktur ini tidak dijumpai jembatan disulfida diantara rantai bersisihan dan rantai polipeptida yang berdekatan biasanya mempunyai arah yang berlawanan atau bersifat anti paralel.

- **Struktur tersier** merupakan bentuk tiga dimensi dari semua atom di dalam molekul protein. Interaksi antara residu asam amino yang jauh pada suatu rantai polipeptida memimpin ke arah lipatan dan suatu penyesuaian yang berbentuk rantai polipeptida bulat yang mengumpamakan tiga satuan bentuk dimensional, sebagai contoh, myoglobin.

- **Struktur kwarterner** merupakan bentuk protein yang terdiri dari dua atau lebih rantai polipeptida menjadi bagian dari molekul protein tunggal. Yang biasanya terjadi seperti dimers, trimers, tetramers, terdiri dari dua, tiga, dan empat rantai polipeptida. Polipeptida menjaga kesatuan oleh ikatan kimia lemah, sebagai contoh, hemoglobin molekul terdiri dari dua rantai α dan dua rantai β. Masing-Masing globin rantai di dalam hemoglobin terikat untuk suatu kelompoknya, yang berfungsi mengangkut oksigen ke jaringan badan. Protein kwarterner mudah dirusak oleh berbagai manipulasi dengan akibat kehilangan aktivitas biologi. Kehilangan aktivitas ini disebut denaturasi yang secara fisik denaturasi ini dapat dipandang

sebagai suatu perubahan konfirmasi rantai polipeptida yang tidak mempengaruhi struktur primernya.

Asam amino

Dalam menyusun komposisi pakan ikan saat ini para peneliti sudah melakukan penyusunan komposisi pakan berdasarkan kebutuhan asam amino setiap jenis ikan. Hal ini dikarenakan komposisi kebutuhan asam amino setiap jenis ikan sangat berbeda dan sangat menentukan laju pertumbuhan dari ikan yang dibudidayakan. Asam amino merupakan bahan dasar yang dihasilkan dari proses pemecahan atau hidrolisis dari protein. Asam amino ini membangun blok protein. Istilah amino datang dari -NH2 atau suatu kelompok amino yang merupakan bahan dasar alami dan asam datang dari perbandingan -COOH atau suatu kelompok karboxyl, oleh karena itu disebutlah asam amino. Dalam molekul protein asam amino membentuk ikatan peptida (ikatan antara amino dan kelompok karboxyl) di dalam rantai yang panjang disebut rantai polipeptida. Ada banyak asam amino di dalam alam tetapi hanya dua puluh yang terjadi secara alami. Asam amino sangat dibutuhkan oleh ikan untuk tumbuh dan berkembang. Dalam pengelompokkannnya dibagi menjadi dua yaitu asam amino essensial dan nonessensial. Asam amino secara umum ditulis dengan satu atau tiga huruf yang dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Nama dan singkatan asam amino (Millamena, 2002)

Asam amino	Singkatan tiga huruf	Singkatan satu huruf
Asam amino essensial		
Arginin	Arg	R
Histidin	His	H
Isoleucin	Ile	I
Leucin	Leu	L
Lysin	Lys	K
Methionin	Met	M
Phenylalanin	Phe	F
Threonin	Thr	T
Tryptophan	Trp	W
Valin	Val	V
Asam amino nonessensial		
Alanin	Ala	A
Asparagin	Asn	N
Asam Aspartad	Asp	D
Cystein	Cys	C
Asam Glutamat	Glu	E
Glutamin	Gln	Q
Glycin	Gly	G
Prolin	Pro	P
Serin	Ser	S
Tyrosin	Tyr	Y

Asam amino digolongkan menjadi asam amino essensial dan asam amino non essensial. Asam amino essensial adalah asam amino yang tidak bisa dibuat atau disintesis oleh organisme mendukung pertumbuhan maksimum dan dapat menjadi penyuplai dari asam amino. Kapasitas dari pakan ikan memiliki kandungan asam amino yang dibutuhkan ikan berbeda-beda. Esensialitas dari suatu asam amino akan tergantung pada ikan yang diberi pakan. Sebagai contoh, glycine diperlukan oleh ayam tetapi bukanlah penting bagi ikan. Asam amino non esensial yaitu asam amino yang dapat dibentuk atau disintesis dalam jaringan dan tidak perlu ditambahkan dalam komposisi pakan.

Asam amino dapat juga digolongkan berdasarkan komposisi kimia menurut Millamena (2002) adalah sebagai berikut:

a) Asam amino alifatik
b) Basic terdiri dari : arginine dan lysin
c) Acidic terdiri dari : asam aspartic dan asam glutamic
d) Netral terdiri dari : leocin , isoleucine, valine, alanine, glycine,methionine, chysteine, threonine dan serine.
   - Asam amino aromatic terdiri dari: phenylalanine dan tyrosine
   - Asam amino heterocyclic terdiri dari histidine, tryptophan dan proline

Asam amino esensial

Ada sepuluh asam amino esensial (EAA) yang diperlukan oleh pertumbuhan ikan yaitu: arginin, histidin, isoleucin, leucin, methionin , phenylalanin, threonin, tryptophan dan valin. Kesepuluh asam amino ini merupakan senyawa yang membangun protein dan ada beberapa asam amino merupakan bahan dasar dari struktur atau unsur lain. Methionin

adalah prekursor dari cyestein dan cystin. Methionin juga sebagai penyalur metil (CH3). Beberapa kelompoknya terdiri dari creatin, cholin, dan banyak unsur lain. Jika suatu asam/hydrogen (OH) ditambahkan ke phenylalanin, maka tyrosin dibentuk. Tyrosin diperlukan untuk hormon thyroxin, epinephrin dan norepinephrin dan melanin pigmen. Arginin menghasilkan ornithin ketika urea dibentuk dalam siklus urea. Perpindahan suatu karboksil (COOH) digolongkan dalam bentuk histamin. Tryptophan adalah prekursor dari serotonin atau suatu vitamin, asam nikotinik. Semua ikan bersirip membutuhkan ke sepuluh asam amino esensial.

Asam amino non essensial

Asam amino non esensial yang dibutuhkan untuk ikan adalah: alanine, asparagirie, asam aspartad, cyestin, asam glutamat, glutamin, glycin, prolin, serin dan tyrosin. Asam amino non esensial asam amino yang dapat secara parsial menggantikan atau memberikan asam amino yang sangat dibutuhkan atau harus ada dalam komposisi pakan.

Kebutuhan asam amino essensial dalam pakan ikan

Pakan ikan sangat dibutuhkan bagi ikan yang dibudidayakan dalam suatu wadah budidaya. Fungsi utama pakan ini adalah sebagai penyedia enrgi bagi aktifitas sel-sel tubuh. Dalam tubuh ikan energi yang berasal pakan dipergunakan untuk proses hidupnya yaitu tumbuh, berkembang dan bereproduksi. Dalam tubuh ikan berisi sekitar 65-75% protein pada suatu basis berat kering. Protein sangat menentukan dalam menyusun formulasi pakan ikan. Asam amino yang berasal dari protein ini sangat diperlukan oleh berbagai sel untuk membangun dan memperbaiki

jaringan rusak. Kelebihan Asam amino digunakan sebagai sumber energi atau dikonversi ke lemak. Informasi tentang kebutuhan protein kotor ikan menjadi nilai yang menentukan dan data tentang kebutuhan asam amino untuk setiap ikan penting karena mutu protein sangat bergantung kepada komposisi asam amino nya dan penyerapannya. Penentuan tentang kebutuhan asam amino sangat penting karena akan sangat membantu dalam melakukan perancangan diet uji amino yang digunakan untuk menentukan kebutuhan asam amino yang diperlukan bagi ikan.

Protein dalam pakan ikan akan saling keterkaitan dengan zat nutrien lainnya, misalnya protein bersama dengan mineral dan air merupakan bahan baku utama dalam pembentukan sel-sel dan jaringan tubuh. Protein bersama dengan vitamin dan mineral ini berfungsi juga dalam pengaturan suhu tubuh, pengaturan keseimbangan asam basa, pengaturan tekanan osmotik cairan tubuh serta pengaturan metabolisme dalam tubuh. Oleh karena itu ikan yang dibudidayakan harus memperoleh asam amino dari protein makanannya secara terus menerus yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan sel dan pembentukan jaringan tubuhnya. Melalui sistem peredaran darah, asam amino ini diserap oleh seluruh jaringan tubuh yang memerlukannya. Pertumbuhan somatik, pertumbuhan kelanjar reproduksi, perkembangan dan pembangunan jaringan baru ataupun perbaikan jaringan yang rusak selalu membutuhkan protein secara optimal yang terutama diperoleh dari asam-asam amino essensial yang bersumber dari pakan ikan yang dikonsumsi.

Ikan tidak mempunyai kebutuhan protein yang mutlak namun untuk menunjang pertumbuhannya ikan membutuhkan suatu campuran yang seimbang antara asam-asam amino esensial dan non esensial. Protein

yang dibutuhkan ikan dipengaruhi faktor-faktor yang bervariasi seperti ukuran ikan, temperatur air, kecepatan pemberian pakan, ketersediaan dan kualitas pakan alami, kandungan energi keseluruhan yang dapat dihasilkan dari pakan dan kualitas protein.

Kualitas pakan dikatakan rendah apabila kadar asam-asam amino esensial dalam proteinnya juga rendah. Pemilihan bahan dan komposisi bahan-bahan yang digunakan dalam pembuatan pakan akan sangat menentukan kelengkapan dan keseimbangan antara asam-asam amino esensial dan asam amino non esensial. Ikan dapat tumbuh normal apabila komposisi asam amino esensial dalam pakan tak jauh berbeda (mirip) dengan asam amino dalam tubuhnya. Oleh karena itu adanya variasi keseimbangan antara asam amino esensial dan non esensial dalam pakan diharapkan dapat memacu pertumbuhan ikan.

Cepat tidaknya pertumbuhan ikan ditentukan oleh banyaknya protein yang dapat diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh sebagai zat pembangun. Oleh karena itu agar ikan dapat tumbuh secara normal, pakan harus memiliki kandungan energi yang cukup untuk memenuhi kebutuhan energi metabolisme sehari-hari dan memiliki kandungan protein yang cukup tinggi untuk memenuhi kebutuhan pembangunan sel-sel tubuh yang baru.

Keseimbangan antara energi dan kadar protein sangat penting dalam laju pertumbuhan, karena apabila kebutuhan energi kurang, maka protein akan dipecah dan digunakan sebagai sumber energi. Pemakaian sebagian protein sebagai sumber energi ini akan menghambat pertumbuhan ikan, mengingat protein sangat berperan dalam pembentukan sel baru.

Pemberian pakan yang tepat dengan kisaran nilai kalori/energi yang memenuhi persyaratan bagi pertumbuhan ikan dan dengan kandungan gizi yang lengkap akan dapat meningkatkan nilai retensi protein. Retensi protein merupakan gambaran dari banyaknya protein yang diberikan, yang dapat diserap dan dimanfaatkan untuk membangun ataupun memperbaiki sel-sel tubuh yang rusak, serta dimanfaatkan bagi metabolisme sehari-hari.

Dalam proses pencernaan, protein akan dipecah menjadi bentuk-bentuk yang lebih sederhana yaitu asam amino dan dipeptida. Ada dua jenis enzim yang terlibat dalam proses pencernaan protein, yaitu enzim endopeptidase yang berfungsi memutuskan ikatan peptida pada rantai polipeptida dan enzim eksopeptidase yang berfungsi memutuskan gugus fungsional karboksil (-COOH) dan amina ($-NH_2$) yang dimiliki protein. Asam amino dan dipeptida dapat masuk ke dalam aliran darah dengan cara transpot aktif.

Kualitas protein berbeda-beda tergantung pada jenis dan jumlah asam amino penyusunannya. Penentuan kualitas protein dapat dilakukan dengan membandingkan komposisi asam amino esensial yang dikandung bahan makanan dengan standar kebutuhan asam amino esensial pada hewan uji.

Persentase terendah dari kandungan asam amino esensial pada makanan terhadap pola standar tersebut dinamakan sebagai skore asam amino. Adapun yang dimaksud dengan asam amino esensial pembatas adalah asam amino esensial yang mempunyai presentase terendah yang terkandung dalam suatu protein bahan makanan.

Dalam penyusunan komposisi bahan-bahan pembuat pakan ikan, harus diperhitungkan terlebih dahulu kelengkapan asam amino esensial pada bahan dan kebutuhan tiap jenis ikan terhadap asam amino esensial dan non esensial. Kebutuhan setiap jenis ikan terhadap asam amino esensial dan non esensial berbeda-beda,sehingga perlu dipertimbangkan adanya keseimbangan antara asam-asam amino esensial dan non esensial yang terkandung pada protein bahan dasar pembuat pakan ikan tersebut. Tidak semua bahan makanan yang merupakan sumber protein hewani maupun nabati mengalami defisiensi asam amino yang sama. Oleh karena itu, defisiensi pada salah satu asam amino pada suatu bahan dapat disubstitusi dengan asam amino yang sama dari bahan yang berbeda.

Arginin merupakan asam amino yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan optimal ikan muda. Disamping berperan dalam sintesia protein, arginin juga berperan dalam biosintesis urea.

Histidin merupakan asam amino esensial bagi pertumbuhan larva dan anak-anak ikan. Histidin diperlukan untuk menjaga keseimbangan nitrogen dalam tubuh.

Perubahan-perubahan konsentrasi *isoleusin, leusin dan valin* dalam serum dipengaruhi oleh peningkatan kadar protein pakan. Peningkatan konsentrasi dari salah satu asam amino berantai cabang ini, misalnya leusin, akan memberikan pengaruh pada konsentrasi isoleusin dan valin dalam serum. Pengamatan ini memberikan indikasi leusin mungkin mampu mempermudah jaringan tubuh dalam menyerap asam-asam amino berantai cabang.

Lisin merupakan asam amino esensial pembatas dalam protein nabati. Defisiensi lisin dalam pakan ikan dapat menyebabkan kerusakan pada sirip ekor (nekrosis), yang apabila berkelanjutan dapat menyebabkan terganggunya pertumbuhan. Tingkat penggunaan lisin dipengaruhi oleh kadar arginin, urea dan amonia. Ketika terjadi degradasi arginin, maka penggunaan lisin akan meningkat.

Metionin (essensial) dan sistein (non essensial) merupakan asam amino yang mengandung sulfur. Sistein mampu mereduksi sejumlah metionin yang diperlukan bagi pertumbuhan optimal. Kebutuhan metionin pada ikan biasanya berkaitan dengan kadar metionin dalam serum dan kadar makanan yang dicerna. Metionin juga merupakan asam amino pembatas dalam beberapa bahan makanan sumber protein nabati. Defisiensi metionin dapat mengakibatkan penyakit katarak pada rainbow trout.

Fenil alanin (essensial) dan tirosin (non essensial) keduanya mempunyai struktur kimia yang mirip sehingga keduanya bisa saling menggantikan. Fenil alanin dan tirosin diklasifikasikan sebagai asam amnino aromatik. Keduanya diperlukan dalam jumlah yang cukup untuk mendorong sintesis protein dan fungsi-fungsi fisiologis lain pada ikan. Ikan mampu dengan segera mengubah fenil alanin menjadi tirosin atau menggunakan tirosin untuk melakukan metabolisme yang diperlukan bagi asam amino fenil alanin tersebut. Oleh karena itu untuk menentukan kebutuhan asam amino aromatik khususnya fenilalanin, dalam pengujian haruslah digunakan bahan pangan tanpa tirosin atau berkadar tirosin rendah.

Triptofan merupakan asam amino pembatas dalam bahan makanan sumber protein nabati. Defisiensi triptofan pada ikan salmon menyebabkan lordosis dan skoliosis sedangkan pada ikan rainbow trout

menyebabkan nekrosis pada sirip ekor, kerusakan pada operculum insang dan katarak pada mata. Selain menyebabkan penyakit pada mata, defisiensi triptopan juga akan meningkatkan kadar kalsium, magnesium, sodium dan potasium dalam ginjal dan hati ikan.

Kebutuhan asam amino essensial dan non essensial pada ikan sangat ditentukan oleh jenis bahan baku pembuatan pakan. Hal ini dapat mengakibatkan kekurangan asam amino esensial yang disebabkan oleh penggunaan komposisi pakan yang kandungan proteinnya sedikit atau tidak mencukupi kebutuhan asam amino esensial. Dapat juga disebabkan adanya bahan kimia yang dapat mempengaruhi komposisi pakan, pemanasan yang berlebih saat pembuatan pakan dan penguapan dari pakan tersebut. Ketidakseimbangan asam amino erat kaitannya dengan asam amino yang saling bertentangan atau asam amino yang berbahaya yang dapat menyebabkan pertumbuhan pada ikan tidak optimal. Pertentangan asam amino terjadi ketika asam amino yang diberikan melebihi jumlah yang dibutuhkan. Hal ini dapat meningkatkan kebutuhan asam amino lain yang serupa. Contohnya adalah pertentangan leucin dengan isoleucin dan arginin dengan lisin yang diamati pada beberapa jenis ikan. Asam amino bersifat racun apabila diberikan dengan jumlah yang berlebih. Efek negatif yang ditimbulkan tidak dapat diperbaiki dengan penambahan asam amino ke dalam komposisi pakan.

Di dalam perumusan komposisi pakan, komposisi pakan yang direkomendasikan tentang asam amino esensial harus dengan hati-hati dalam memilih dan mengkombinasikan dua atau lebih sumber protein. Keterbatasan kandungan asam amino dalam salah satu sumber asam amino dapat dilengkapi dengan sumber lain yang melimpah dengan kandungan asam amino yang sama sehingga menjadi suatu pakan yang

lebih baik. Cara lain untuk mengetahui kebutuhan asam amino esensial dari suatu organisme adalah dengan penambahan pada komposisi pakan dengan asam amino L kristal. Pelarutan nutrisinya dapat diperkecil dengan penggunaan pakan yang mengandung air stabil sehingga dapat menghemat penggunaan pengikat atau memanfaatkannya dalam praktek pemberian pakan. Sejauh ini kebutuhan asam amino essensial dalam makanan yang dibutuhkan oleh ikan dan jumlah yang dibutuhkan pada ikan budidaya telah ditetapkan pada beberapa jenis ikan berdasarkan hasil penelitian. Kebutuhan asam amino essensial pada beberapa jenis ikan dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan asam amino essensial pada beberapa jenis ikan dalam % protein pakan (Akiyama *et al*, 1997)

Jenis ikan	Arg	His	Leu	Lys	Met + Cys	Phe + Tyr	Thr	Trp	Val	Ile
Chum	6,5	1,6	3,8	5,0	3,0	6,3	3,0	0,7	3,0	2,4
Salmon	6,0	1,8	3,9	5,0	4,0	5,1	2,2	0,5	3,2	2,2
Chinook	3,2	0,9	3,4	3,8	2,7	4,5	2,0	0,5	2,2	1,2
Salmon	4,3	1,5	3,5	5,1	2,3	5,0	2,2	0,5	3,0	2,6
Coho	4,3	2,1	3,3	5,7	3,1	6,5	3,9	0,8	3,6	2,5
Salmon	4,8	2,5	3,7	6,2	3,4	6,2	5,0	1,0	3,6	2,4
Channel	4,2	1,7	3,4	5,1	3,2	5,5	3,8	1,0	2,8	3,1
Catfish	5,3	2,0	5,1	4,0	3,3	5,2	4,5	0,6	3,6	4,0
Common	4,5	2,1	5,3	5,3	3,2	5,8	4,0	1,1	4,0	4,0
carp	3,5	1,6	4,4	5,3	2,7	5,2	3,4	0,5	3,1	2,4
Catle	3,9	2,6	4,7	5,3	2,4	4,5	2,9	0,7	3,0	2,6
Nile Tilapia	4,8	2,3	4,3	5,4	2,2	5,3	3,3	0,3	3,3	3,0
Milk Fish	3,7	1,7	4,7	5,7	2,9	4,5	2,8	0,8	3,1	2,9
Japanese										

eel Rainbow trout Yellow tail White surgeon Red drum										

Kebutuhan asam amino pada ikan seperti tabel diatas diperoleh dengan cara melakukan penelitian. Menurut Millamena (2002) ada dua metoda yang digunakan untuk menentukan apakah suatu asam amino tersebut termasuk dalam kelompok asam amino essensial dan non essensial yaitu:

1) Metoda pertumbuhan
2) Metoda radio isotop.

Metoda pertumbuhan digunakan oleh Halver (1957) untuk mengetahui penggunaan satu rangkaian asam amino diet uji yang berisi kristal L-amino sebagai sumber nitrogen. Pakan dirumuskan berdasarkan pada pola asam amino seperti protein telor ayam utuh, protein telor ikan Chinook, atau kantung kuning telur ikan Chinook. Untuk sepuluh amino, percobaan dilakukan dengan melakukan pemberian pakan dengan menggunakan pakan dasar yang berisi semua asam amino dan pakan uji yang tidak mengandung asam amino. Ikan uji dilakukan penimbangan berat badan setiap dua kali untuk mengukur pertumbuhan dan mengetahui pengaruh pakan uji tersebut. Selain itu sampel ikan uji juga diberi pakan yang kekurangan asam amino untuk melihat pertumbuhan yang terjadi dan dibandingkan dengan ikan yang diberi pakan dengan asam amino yang lengkap, setelah itu penyelidik menggunakan suatu

pakan uji serupa untuk menentukan asam amino esensial yang lain pada ikan.

Pada Metoda radio isotop yang digunakan oleh Cowey *et al*. (1970), ikan uji disuntik secara *intraperitoneal* dengan menggunakan radio aktif yang diberi label ^{14}C glukosa dan dibiarkan hidup dengan mengkonsumsi pakan alami selama 7 hari. Ikan uji kemudian dimatikan dan dibuat larutan yang homogen dan melakukan isolasi protein. Dari hasil isolasi tersebut kemudian protein tersebut dilakukan hidrolisasi dan asam amino yang diperoleh dipisahkan dengan menggunakan peralatan chromatografi dan menghitung radio aktifitas.

Evaluasi kualitas protein

Protein yang terdapat dalam suatu bahan pakan dapat dikatakan bermutu jika memberikan pertumbuhan positif pada ikan budidaya atau protein dikatakan mutunya tinggi apabila komposisi asam amino yang terkandung di dalamnya menyerupai bentuk asam amino yang dibutuhkan oleh ikan dan tingkat kecernaannya tinggi. Mutu protein biasanya dievaluasi dengan metode biologi dan kimia. Metode kimia menentukan kuantitas atau jumlah protein/asam amino pada bahan pakan sedangkan metode biologi dengan cara menentukan reaksi ikan terhadap protein dalam kaitannya dengan pertumbuhan dan pertahanan. Dalam metode biologi, berat tubuh dan nitrogen digunakan sebagai ukuran untuk mutu protein dimana metode biologi lebih akurat dibanding metode kimia. Menurut Millamena (2002) perhitungan Protein Effisiensi ratio (PER), nilai biologi (BV) dan kebutuhan protein bersih (NPU) adalah sebagai berikut :

a) Perbandingan Efisiensi Protein (PER)

$$PER = \frac{\text{Penambahan bobot (gram)}}{\text{Kandungan protein dalam pakan (gram)}}$$

b) Nilai Biologi (BV)

$$BV = \frac{\text{Nitrogen yang digunakan (R)}}{\text{Nitrogen yang diserap (A)}}$$

Dimana :

R = Nitrogen yang digunakan

A = Nitrogen yang diserap

Dan : A = I – (F - Fo)

R = A – (U – Uo)

Dimana :

I = Nitrogen yang diambil

F = Nitrogen dalam feses

Fo = Metabolisme nitrogen dalam feses

U = Nitrogen yang keluar bersama urine

Uo = Endogeneus nitrogen

$$BV = \frac{R}{A} \times 100 = \frac{I - (F - Fo) - (U - Uo)}{I - (F - Fo)} \times 100$$

Tidak cukup data dalam nilai biologi yang diperoleh untuk pengaturan pakan ikan dan sulit dalam penentuan metabolisme feses dan endogeneus nitrogen secara terpisah.

c) Penggunaan Protein Bersih

$$NPU = \frac{\text{Nitrogen yang digunakan}}{\text{Nitrogen yang diambil}} \times 100$$

Dimana : NPU ditentukan dengan rumus sebagai berikut :

$$NPU = \frac{\text{Penambahan nitrogen pada pakan ikan} + \text{pengurangan nitrogen pada pakan ikan}}{\text{Nitrogen yang diambil dari pengujian protein}}$$

Kebutuhan protein pada ikan

Protein di dalam tubuh sangat dibutuhkan untuk pemeliharaan, pembentukan jaringan, penggantian jaringan-jaringan tubuh yang rusak dan penambahan protein tubuh dalam proses pertumbuhan. Kebutuhan protein dalam pakan secara langsung dipengaruhi oleh jumlah dan jenis-jenis asam amino essensial, kandungan protein yang dibutuhkan, kandungan energi pakan dan faktor fisiologis ikan (Lovel, 1989). Protein dapat juga digunakan sebagai sumber energi jika kebutuhan energi dari lemak dan karbohidrat tidak mencukupi dan juga sebagai penyusun utama enzim, hormon dan antibodi. Oleh karena itu pemberian protein pada pakan ikan harus pada batas tertentu agar dapat memberikan pertumbuhan yang optimal bagi ikan dan efisiensi pakan yang tinggi. Selain itu protein sangat penting bagi kehidupan karena merupakan

protoplasma aktif dalam semua sel hidup dan berperan sebagai instrumen molekuler yang mengekspresikan informasi genetik, unsur struktural di dalam sel dan jaringan. Protein yang dibutuhkan ikan bersumber dari berbagai macam bahan dimana kualitas protein bahan bergantung pada komposisi asam amino.

Jumlah kebutuhan protein maksimum merupakan tingkat kualitas protein yang tinggi dalam kandungan pakan yang diperlukan untuk pertumbuhan maksimum. Untuk menentukan kebutuhan protein suatu jenis ikan dapat dilakukan dengan melakukan percobaan pemberian pakan yang akan membantu dalam penggunaan uji kandungan protein dari sumber yang nilai biologinya tinggi. Respon yang akan memberikan keuntungan dan daya tahan paling tinggi biasanya diperoleh dari komposisi pakan ikan terbaik. Protein yang terdapat dalam jaringan tubuh ikan dapat digunakan sebagai ukuran untuk menentukan kebutuhan protein. Cara ini dilakukan dengan menganalisis kandungan nitrogen dalam jaringan dengan interval dua minggu sampai tidak ada penurunan nitrogen yang tertahan pada jaringan.

Jumlah kandungan protein minimal dari suatu pakan untuk menghasilkan pertumbuhan maksimum sangat bergantung pada jenis ikan yang dibudidayakan. Berdasarkan penelitian beberapa spesies ikan kebutuhan kandungan protein pada ikan budidaya berkisar dari 27% sampai 60%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 3.

Sumber protein tinggi untuk ikan dapat diperoleh pada beberapa bahan baku antara lain adalah telor utuh, kasein, kombinasi kasein dan agar-agar. Beberapa faktor yang mempengaruhi kebutuhan protein untuk pertumbuhan ikan yang maksimum antara lain adalah : jenis, ukuran

ikan atau umur, temperatur air, protein yang berkualitas seperti yang telah dikemukakan sebelumnya dengan mengetahui komposisi asam amino. Ikan yang berukuran lebih kecil mempunyai kebutuhan protein lebih tinggi dibanding ikan yang lebih tua pada jenis ikan yang sama.

Tabel 3. Tingkat kebutuhan protein optimal (% berat kering pakan) pada beberapa jenis ikan budidaya (Millamena, 2002)

Jenis ikan	Sumber protein	Kadar protein optimal (%)
Asian sea	Fish meal, soybean meal	43
bass	Fish meal, casein	31 – 38
Common	Tuna, muscle meal	40 – 50
carp	Fish meal, meat meal,	43
Grouper	shrimp meal	44
	Casein dan asam amino	60
Japanese eel	Squid meal	➢ 55
Kuruma	Casein + egg albumin	40
shrimp	Fish meal, casein	30 – 40
	Casein, gelatin	24
Milk Fish	Fish meal, soybean dan	
	cassava meal	55
	Casein	52
	Fish meal	44
Red sea	Fish meal, soybean, squid	40
bream	meal	40
Snake head	Casein	30
Red snapper	Fish meal, soybean, shrimp	28
Tiger shrimp	meal	34 – 42
	Fish meal, casein	28 – 32

Nile Tilapia	Fish meal	55
White shrimp	Fish meal, mussel meal, collagen	27
	Squid meal	
Yellow tail	Fish meal, casein	
Abalone	Soybean meal, rice bran	
	Fish meal, squid meal	

b. Karbohidrat

Karbohidrat merupakan salah satu makro nutrien dan menjadi sumber energi utama pada manusia dan hewan darat. Pada ikan, tingkat pemanfaatan karbohidrat dalam pakan umumnya rendah pada khususnya hewan karnivora, karena pada ikan sumber energi utama adalah protein. Ikan karnivora lebih sedikit mengkonsumsi karbohidrat dibandingkan dengan omnivora dan herbivora. Selain itu ikan yang hidup diperairan tropis dan air tawar biasanya lebih mampu memanfaatkan karbohidrat daripada ikan yang hidup diperairan dingin dan air laut. Ikan laut biasanya lebih menggunakan protein dan lemak sebagai sumber energi daripada karbohidrat, tetapi peranan karbohidrat dalam pakan ikan sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan. Berdasarkan hasil penelitian memperlihatkan bahwa ikan yang diberi pakan dengan kandungan protein tinggi tanpa karbohidrat dapat menyebabkan penurunan laju pertumbuhan dan retensi protein tubuh. Selain itu pakan yang mengandung karbohidrat terlalu sedikit akan menyebabkan terjadinya tingkat katabolisme protein dan lemak yang tinggi untuk mensuplai kebutuhan energi ikan dan menyediakan metabolisme

lanjutan (intermedier) untuk sintesis senyawa biologi penting lainnya, sehingga pemanfaatan protein untuk pertumbuhan berkurang. Oleh karena itu pada komposisi pakan ikan harus ada keseimbangan antara karbohidrat, protein dan lemak, dimana ketiga nutrien tersebut merupakan sumber energi bagi ikan untuk tumbuh dan berkembang.

Karbihidrat merupakan senyawa organik yang tersusun dari ataom karbon (C), hidrogen (H) dan Oksigen (O) dalam suatu perbandingan tertentu. Karbohidrat berdasarkan analisa proksimat terdiri dari serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Karbohidrat biasanya terdapat pada tumbuhan termasuk pada gula sederhana, kanji, selulosa, karet dan jaringan yang berhubungan dan mengandung unsur C,H,O dengan rasio antara hidrogen dan oksigen 2:1 yang hampir serupa dengan H_2O dan kemudian dinamakan ”karbohidrat”. Formula umum karbohidrat adalah $Cn\ (H_2O)_2$.

Klasifikasi Karbohidrat

Karbohidrat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok yaitu monosakarida, disakarida, dan polisakarida. Pembagian karbohidrat ini berdasarkan pada jumlah molekul pembentuknya, satu, dua atau beberapa unit gula sederhana. Disakarida dan polisakarida merupakan turunan (derivat) dari monosakarida. Monosakarida tidak dapat dihidrolisa lagi menjadi bentuk yang lebih sederhana. Disakarida dapat dihidrolisa menjadi dua molekul monosakarida, sedangkan polisakarida (termasuk) oligosakarida akan membentuk lebih dari tiga molekul monosakarida. Selain itu karbohidrat dapat juga diklasifikasikan berdasarkan pada tingkat kecernaan, yaitu karbohidrat yang dapat dicerna, karbohidrat yang dapat dicerna sebagian dan karbohidrat yang tidak dapat dicerna. Gula, kanji,

dextrin, dan glikogen adalah karbohidrat yang dapat dicerna, selulosa, serat kasar dan hemisellulosa adalah karbohidrat yang tidak dapat dicerna. Galaktogen, mannosan, inulin dan pentosa adalah termasuk karbohidrat yang dapat dicerna sebagian. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Klasifikasi Karbohidrat (Millamena, 2002)

Kelompok Karbohidrat	contoh
Monosakarida (satu unit glikosa)	Pentosa, Arabinosa, Ribosa, Xylosa, Xylulosa, Hexosa, Glucosa, Fruktosa dan Mannosa
Disakarida (dua unit glikosa)	Sukrosa, Maltosa, Laktosa
Oligosakarida (2-10 unit glikosa)	Raffinosa, Stachyosa, Verbascosa
Polisakarida (Glycan, > 10 unit glikosa)	Starch/kanji, dextrin, glycogen, cellulosa, hemicellulosa, lignin, chitin, pectin, gums and mucilages, alginat, agar, karageenan

Monosakarida

Monosakarida adalah bentuk karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang sederhana lagi. Umumnya monosakarida diperoleh dari hasil hidrolisis senyawa tanaman yang lebih kompleks, larut dalam air dan rasanya manis. Monosakrida utama yang terdapat dalam bentuk bebas dalam makanan adalah glukosa dan fruktosa. Glukosa, galaktosa, fruktosa dan mannosa merupakan bentukheksosa yang mempunyai makna fisiologis paling penting. Glukosa merupakan zat gula dalam tubuh yang dibawa oleh darah dan merupakan bentuk paling utama dalam

jaringan. Hal ini dikarenakan glukosa merupakan sumber energi yang paling cepat diserap di dalam sel dan masuk ke dalam darah dan akan dikatabolisme dalam proses glikolisis. Rumus empiris glukosa adalah $C_6H_{12}O_6$. Glukosa banyak terdapat dalam buah-buahan, jagung manis dan madu dalam bentuk D-Glukosa. D-Glukosa ini telah dihasilkan secara komersial dengan hidrolisis pati jagung yang menghasilkan sirup jagung dan kristal dekstrosa. D-Glukosa ini mempunyai peran penting dalam pakan dan metabolisme ikan serta merupakan gula darah pada semua hewan. Glukosa dapat disimpan di dalam hati dan otot dalam bentuk glikogen. Fruktosa dapat diubah menjadi glukosa dalam hati, sedangkan galaktosa selain dapat diubah menjadi glukosa dalam hati juga dapat dimetabolisir. Mannosa merupakan unsur pembentuk senyawa glikoprotein.

Kebanyakan monosakarida diperoleh dengan hidrolisis unsur yang lebih komplek. Hidrolisis adalah suatu reaksi kimia yang mana suatu unsur yang komplek dipecah menjadi unsur yang lebih kecil dengan penambahan suatu katalisator. Monosakarida sering dikatakan sebagai bentuk dari suatu gula sederhana. Dua rangkaian gula sederhana secara komersil penting pentosa atau lima gula atom karbon dan hexoses atau enam gula atom karbon. Ribosa dan Dioxyribosa merupakan struktur RNA dan DNA. Pentosa mempunyai rumus yang umum $C_5 H_{10} O_5$. dan mempunyai komersial yang penting dalam bentuk aldopentosa silosa dan arabinosa. Silosa dibentuk dengan hidrolisis pada pentosa. Jumlah yang pantas pada xilosa dibentuk dalam pembuatan bubur pada makanan melalui hidrolisis pada hemiselulosa. Arabino dihasilkan pada getah arabic dan dedak gandum. Hexosa mempunyai rumus umum $C_6H_{12}O_6$. Gula heksosa biasanya dalam bentuk : galactosa, dan glukosealdoses. Fruktosa adalah ketohexose alami penting dan karbohidrat paling manis.

Rotan atau gula umbi manis (sukrosa) dihidrolisis, satu molekul dibentuk pada fruktosa dan satu molekul pada glukosa yang dibentuk. Laktosa tidak terjadi secara bebas di alam. Hidrolisis lactose atau gula susu menghasilkan galactose dan glukosa. Glukosa, Fructose, dan galactose mempunyai rumusan molekular yang sama tetapi susunan rumus mereka berbeda pengaturan di dalam suatu molekul.

Disakarida

Disakarida merupakan bentuk karbohidrat yang kalau dihidrolisis akan menghasilkan dua molekul monosakarida. Rumus molekul disakrida adalah $C_{12}H_{22}O_{11}$, dari rumus bangun ini memperlihatkan bahwa satu molekul air telah dipindahkan sebagai dua monosakarida yang telah dikombinasikan. Dengan hidrolisis mengakibatkan perpecahan molekul dan pembentukan hexoses. Ada tiga bentuk disakarida penting yaitu sukrosa, laktosa dan maltosa. Sukrosa, bentuk gula yang biasanya disebut juga dengan gula meja, terdiri dari satu molekul glukosa dan satu molekul fruktosa yang dinamakan dengan gula invert. Sumber utama sukrosa sebagian besar dari tebu dan gula bit. Laktosa, atau gula susu, banyak diperoleh pada semua susu mamalia. Hasil hidrolisis laktosa akan menghasilkan sebuah molekul glukosa dan sebuah molekul galaktosa. Maltosa terjadi secara alami dalam benih zat tepung yang diproduksi tumbuhan. Maltosa dibentuk dari hidrolisis zat tepung dengan enzim α-amilase. Maltosa akan dihidrolisis lebih lanjut oleh enzim α-gluc0sidase menjadi dua molekul glukosa.

Polisakarida

Polisakarida merupakan bentuk karbohidrat yang kalau dihidrolisis akan menghasilkan lebih dari sepuluh molekul monosakarida. Polisakarida

biasanya dibentuk oleh kombinasi hexosa atau monosakarida lain dan biasanya merupakan senyawa dengan molekular tinggi dan kebanyakan tidak dapat larut dalam air dan dipertimbangkan yang paling utama bahan gizi tumbuhan asli. Ketika hidrolisis dengan asam atau enzim, mereka dipecah ke dalam berbagai produk intermediate dan yang akhirnya ke dalam gula sederhana, polisakarida mempunyai formulasi umum $(C_6H_{10}O_5)_n$. Tiga bentuk polisakarida yang banyak terdapat dalam bahan baku pakan antara lain adalah pati, dextrin dan glikogen.

Pati/starch merupakan bentuk polisakarida yang banyak terdapat pada tumbuhan dan diperoleh di dalam akar umbi (kentang), rhizomes, dan biji-bijian. Bentuk ini merupakan sumber bahan makanan yang termurah dan merupakan sumber energi bagi manusia dan hewan. Glikogen dihasilkan dari mamalia dan hewan lain dari glukosa di dalam darah dan diperoleh di dalam jaringan otot dan hati. Glikogen merupakan bentuk penyimpanan pada karbohidrat pada hewan dan merupakan zat tepung di dalam tumbuhan. Sedangkan dekstrin merupakan hasil dari proses pemecahan hidrolisis pati menjadi maltosa. Dekstrin terdiri dari serangkaian senyawa dengan bobot molekul yang lebih rendah. Pada hewan dekstrin merupakan hasil pemisahan glukosa dari amilopektin yang meninggalkan residu percabangan yang disebut α-limit dekstrin, tersusun dari 8 – 10 glukosa. Di dalam pakan, dekstrin merupakan substrat kesukaan organisme *acidophilik* dalam saluran pencernaan dan bila pakan mengandung dekstrin maka sintesis vitamin B dalam usus akan meningkat.

Selulosa adalah komponen struktur utama dalam tumbuhan pada dinding sel tumbuhan dan unsur yang paling berlimpah pada tumbuhan. Selulosa adalah unsur penting yang tidak dapat larut dan dapat didegradasi oleh

enzim menjadi beberapa unit glukosa dan bisa dihidrolisis dengan asam kuat. Hemiselulosa merupakan polisakarida yang terdiri atas suatu campuran unit hexosa dan pentosa. Jika dihidrolisis hemiselulosa menghasilkan glukosa dan sebuah pentosa, biasanya silosa yang merupakan komponen utama pada dinding sel tumbuhan. Tidak seperti selulosa, hemiselulosa lebih sedikit bersifat resisten terhadap degradasi kimia dan dapat dihidrolisis dengan cairan asam .

Lignin ditemukan dalam tongkol jagung dan porsi akar yang berserat. Lignin merupakan struktur kompleks yang terdiri dari karbon-karbon yang saling berikatan dengan eter yang bersifat resisten terhadap alkali dan asam. Chitin merupakan komponen struktur utama menyangkut eksoskeleton kaku pada hewan tak bertulang punggung seperti serangga, binatang berkulit keras dan juga terjadi dalam sel ganggang, ragi dan jamur adalah polysoccoharida dengan atom zat hidrogen seperti halnya C,H dan O yang terdiri atas N-acetil D-glukosamin. Chitin mempunyai peran struktural dan suatu jumlah dari kekuatan mekanis yang dapat menghentikan ikatan hidrogen. Peptin ditemukan terutama antara dinding sel tumbuhan dan mungkin juga sebagai penyusun dinding sel itu sendiri. Peptinase tidak dapat dihidrolisis dengan enzim pectinase mamalian tetapi dicerna oleh aksi mikrobial. Tindakan itu disadap dengan air panas atau air dingin dan membentuk suatu ”gel” (agar-agar). Alginates, agar dan caragenan merupakan hasil ekstraksi dari rumput laut seperti *Glacillaria sp* dan *Kappaphycus* sp.

Pemanfaatan Karbohidrat Pakan oleh Ikan

Karbohidrat pakan umumnya berbentuk senyawa polisakarida, disakarida dan monosakarida. Karbohidrat tersebut berasal dari

tumbuhan (zat tepung, serat, sellulosa dan fruktosa) dan dari hewan (mangsa) berbentuk glikogen. Ikan tidak memiliki kelenjar air liur (*Salivary gland*) sehingga proses pencernaan karbohidrat pada ikan dimulai dibagian lambung. Pencernaan karbohidrat secara intensif terjadi di segmen usus yaitu dengan adanya enzim amilase pankreatik. Pada segmen usus, amilum (zat tepung) dan glikogen akan dihidrolisis oleh enzim amilase menjadi maltosa dan dekstrin, Kemudian maltosa dan dekstrin ini akan dihidrolisa oleh enzim laktase atau sukrose menghasilkan galaktosa, glukosa dan fruktosa. Pada dinding usus, galaktosa dan fruktosa akan diubah menjadi glukosa. Dalam bentuk glukosa itulah karbohidrat dapat diserap oleh dinding sel (enterosit) lalu masuk ke dalam pembuluh darah.

Ikan tidak memiliki enzim pencerna karbohidrat yang memadai di dalam saluran pencernaannya, sehingga nilai kecernaan karbohidrat pakan umumnya rendah. Aktivitas enzim amilase dalam menghidrolisa pati pada ikan omnivora seperti ikan tilapia dan ikan mas lebih tinggi daripada ikan karnivora seperti ikan *rainbow trout* dan *yellow tail*. Nilai kecernaan karbohidrat ini sangat dipengaruhi oleh sumber dan kadar karbohidrat dalam pakan serta jenis dan ukuran ikan. Nilai kecernaan beberapa sumber karbohidrat oleh beberapa ikan budidaya dapat dilihat pada Tabel 5. Karbohidrat yang berstruktur kompleks memiliki nilai kecernaan yang rendah daripada karbohidrat yang berstruktur sederhana. Perbedaan sumber pati juga dapat menyebabkan perbedaan nilai kecernaan karbohidrat dan bergantung juga pada rasio amilosa/amilopektin. Dimana semakin tinggi rasio amilosa/amilopektin maka kecernaan karbohidrat semakin tinggi. Beberapa perlakuan yang biasa dilakukan pada saat membuat pakan ikan adalah dengan melakukan pengukusan pati dimana dengan melakukan pengukusan

maka akan dapat meningkatkan nilai kecernaan dari karbohidrat tersebut. Hal ini dikarenakan pengukusan dapat menyebabkan sel-sel pati menjadi lunak dan pecah sehingga lebih mudah dicerna.

Tabel 5. Nilai kecernaan karbohidrat berdasarkan kadar dan sumbernya oleh beberapa ikan budidaya (Wilson, 1994).

Jenis ikan	Sumber	Kadar Karbohidrat pakan (%)	Nilai kecernaan (%)
Rainbow Trout	Dekstrin	20	77,2
		60	45,5
	Tepung ubi kukus	20	69,2
		60	26,1
	Tepung dikukus	11,5	90,0
		40,2	48,2
	Glukosa	20 – 60	99 – 100
	Sukrosa	20 – 60	99 – 100
	Laktosa	20 – 60	94 – 97
Channel catfish	Tepung jagung tidak dikukus	12,5	72,8
		25	60,9
		50	55,1
	Tepung jagung dikukus	12,5	83,1
		25	78,3
Carper	Tepung ubi tidak kukus	50	66,5
		?	55,0
	Tepung ubi dikukus	?	85,0

Karbohidrat berserat dalam wujud bahan kimia sangat sukar dicerna oleh beberapa jenis ikan dan tidak membuat suatu kontribusi yang baik kepada kebutuhan gizi ikan. Tingkatan kebutuhan serat kasar dalam tubuh ikan diperlukan secara khas dan terbatas kurang dari 7%. Ketersediaan berbagai formulasi karbohidrat pada komposisi nilai yang gizi belum jelas, karbohidrat yang dapat dicerna (karbohidrat dengan bobot molekul kecil dan panjang rantai lebih pendek seperti glukosa). Pada ikan mas dan ikan air tawar lainnya dapat memanfaatkan karbohidrat lebih efektif dibandingkan dengan ikan air laut. Ikan air laut lebih efektif menggunkaan glukosa dan dekstrin sebagai sumber zat tepungnya. Udang windu menggunakan zat tepung lebih baik dengan glukosa dan dextrin.

Kebutuhan optimum Karbohidrat Pakan

Pertumbuhan ikan budidaya secara maksimal dapat tercapai jika kondisi lingkungan pemeliharaan dan makanan terjamin secara optimum. Fungsi utama karbohidrat sebagi sumber energi di dalam pakan harus berada dalam kondisi yang seimbang antara ketiga makro nutrien (protein, lemak dan karbohidrat). Pakan yang mengandung karbohidrat terlalu tinggi dapat menyebabkan menurunnya pertumbuhan ikan budidaya. Beberapa penelitian telah menunjukkan pertumbuhan ikan dan tingkat efisiensi pakan yang rendah bila kandungan karbohidrat dalam pakannya tinggi.

Ikan sebagai organisme air kurang mampu memanfaatkan karbohidrat sebagai sumber energi utama dalam pakannya dibandingkan dengan hewan darat dan manusia, namun dari hasil beberapa penelitian hewan air seperti ikan masih sangat membutuhkan karbohidrat dalam

komposisi pakannya. Pada ikan *rainbow trout* yang diberi pakan dengan kandungan protein tinggi, terjadi laju glukoneogenesis yang tinggi, sedangkan yang diberi pakan dengan kandungan protein rendah dan karbohidrat tinggi didapatkan laju glukoneogenesis yang rendah (Cowey *et al*, 1977). Kebutuhan karbohidrat untuk setiap jenis dan ukuran ikan juga dipengaruhi oleh kandungan lemak dan protein pakan. Pakan yang mengandung karbohidrat dan lemak yang tepat dapat mengurangi penggunaan protein sebagai sumber energi yang dikenal dengan *Protein Sparring Effect.* Terjadinya *Protein Sparring Effect* oleh karbohidrat dapat menurunkan biaya produksi pakan dan mengurangi pengeluaran limbah nitrogen ke lingkungan.

Kebutuhan karbohidrat pakan bagi pertumbuhan ikan budidaya bervariasi menurut spesies, sumber karbohidrat dan kondisi lingkungannya (Tabel 6). Pada tabel tersebut jelas terlihat bahwa ikan karnivora umumnya mempunyai kemampuan yang lebih rendah dalam memanfaatkan karbohidrat pakan dibandingkan dengan ikan omnivora atau herbivora. Penyebab rendahnya kemampuan ikan dalam memanfaatkan karbohidrat pakan tersebut antara lain disebabkan oleh nilai kecernaan sumber karbohidrat, aktivitas enzim karboksilase ikan, kemampuan penyerapan glukosa serta kemampuan sel memanfaatkan glukosa dalam darah. Secara umum kandungan karbohidrat pakan yang dapat dimanfaatkan secara optimal oleh ikan karnivora berkisar antara 10 – 20%, ikan omnivora dapat memanfaatkan karbohidrat pakan secara optimal pada tingkat 30 – 40% dalam pakannya.

Tabel 6. Kebutuhan optimum karbohidrat dalam pakan untuk pertumbuhan beberapa ikan budidaya.

Jenis ikan	Karbohid pakan (%	Sumber karbohidrat	References
Ekor kuning	10	Dekstrin	Shimeno *et al* (1996)
Seabream	20	Dekstrin	De Silva dan anderson
merah	10	Dekstrin	(1995)
Rainbow	20	Tepung terigu	De Silva dan anderson (1995)
trout	9	Tepung terigu	Catacuta dan Coloso (1997)
Kakap putih	30	Dekstrin	Shiau dan Lan (1996)
Kerapu	40	Dekstrin	Wilson (1994)
Channel	40	Dekstrin	Wilson(1994),Shimeno*etal*
catfish			(1996)
Mas			Wilson(1994),Shimeno *et al*
Tilapia			(1996)

c. Lipid

Lipid adalah senyawa organik yang tidak dapat larut dalam air tetapi dapat diekstraksi dengan pelarut nonpolar seperti kloroform, eter dan benzena. Senyawa organik ini terdapat di dalam sel dan berfungsi sebagai sumber energi metabolisme dan sebagai sumber asam lemak esensial yang mempunyai fungsi specifik dalam tubuh seperti untuk struktur sel dan pemeliharaan integritas membran-membran yang hidup. Fungsi lain dari lipid antara lain adalah sebagai komponen utama struktur sel, penyimpan bahan bakar metabolik, untuk mengangkut bahan bakar, sebagai pelindung dinding sel dan juga sebagai komponen pelindung kulit vertebrata. Lipid terdiri dari lemak, minyak, malam dan senyawa-senyawa lain yang ada hubungannya.

Lipid merupakan komponen penting dalam pakan ikan karena lipid dapat dijadikan sebagai sumber energi bagi ikan selain protein dan karbohidrat. Lipid berbeda dengan lemak. Perbedaan antara lemak dan minyak adalah pada titik cairnya, lemak cenderung lebih tinggi titik cairnya, molekulnya lebih berat dan rantai molekulnya lebih panjang. Oleh karena itu lipid merupakan salah satu sumber asam lemak essensial yang tidak bisa disintesa oleh ikan. Sebagai sumber energi, lipid telah ditunjukan untuk memberikan beberapa protein untuk pertumbuhan. Lipid juga sumber penting sterol, phospolipid, dan vitamin lemak yang dapat larut. Asam lemak dari lipid mungkin juga bertindak sebagai pendahuluan pada steroid hormon dan prostaglandin.

Klasifikasi Lipid

Berdasarkan struktur molekulnya lipid dapat diklasifikasikan ke dalam tiga kelompok yaitu :

1. Lipid sederhana , kelompok ini disebut juga dengan nama homolipida yaitu suatu bentuk ester yang mengandung karbon, hidrogen dan oksigen. Jika dihidrolisis, lipid yang termasuk ke dalam kelompok ini hanya menghasilkan asam lemak dan alkohol. Lipid sederhana ini dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu :
    a. Lemak : senyawa ester lemak dengan gliserol. Lemak dalam keadaan cair disebut minyak.
    b. Lilin/malam/waks : senyawa ester asam lemak dengan alkohol monohidrat yang berbobot molekul tinggi

2. Lipid kompleks, kelompok ini berupa ester asam lemak dengan alkohol yang mengandung gugus lain. Lipid kompleks dibagi menjadi tiga golongan yaitu :
   a. Fosfolipid : kelompok lipid yang selain asam lemak dan alkohol, juga mengandung residu asam fosfat. Lemak ini sering mempunyai basa yang mengandung nitrogen dan substituen lain, seperti gugus alkohol berupa gliserol dalam gliserofosfolipid dan gugus alkohol yang berupa sfingosin dalam sfingofosfolipid.
   b. Glikolipid (Glikosfingolipid) : kelompok lipid yang mengandung asam lemak, sfingosin dan karbohidrat.
   c. Bentuk lipid komplek lainnya : Sulfolipid dan aminolipid dan lipoprotein

3. Prekursor dan derivat lipid : asam lemak, gliserol, steroid, senyawa alkohol disamping gliserol serta sterol, aldehid lemak, badan keton dan berbagai hormon. Karena tidak bermuatan asilgliserol (gliserida), kolesterol dan ester kolesterol dinamakan lemak netral (Meyes, 1999).

Klasifikasi Lipid menurut Millamena *et al* (2002) dapat dikelompokkan menjadi :

□ **Triglycerides** atau lemak yang dibentuk oleh reaksi glicerol dengan molekul asam lemak sehingga disebut glycerides. Dengan begitu ketika suatu triglyceride dihidrolisis, 3 molekul asam lemak dan 1 molekul glicerol dibentuk. Triglycerides tidak menjadi komponen pada bio membran tetapi mereka terakumulasi pada adipose atau jaringan lemak. Triglyceride merupakan bentuk utama pada binatang yang menyimpan energi.

- **Phospholipids** adalah ester pada asam lemak dan asam phosphor (H_3PO_4) dan basa nitrogen. Senyawa campuran tersebut biasa disebut asam phosphatidic. Beberapa Phospholipids yang penting adalah phosphatidyl choline (lecithin), phosphatidyl ethanolamine (cephalin), phosphatidyl serine, dan phosphatidyl inositol. Mereka adalah komponen utama membran biologi.
- **Waxes** adalah ester pada rantai panjang asam lemak dengan berat molekul tinggi alkohol monohydric. Seperti triglycerides, waxes merupakan sumber energi yang disimpan dalam tumbuhan dan binatang dan bertindak melindungi mantel. Waxes berbentuk padat pada temperature lingkungan.
  1. Beberapa ester pada rantai alcohol yang panjang, R_1-CH_2OH dan rantai panjang asam lemak, R_2-COOH

     Sebagai contoh, $R_2 - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}O - CH_2 - R_1$

  2. Beberapa ether, R_2-CH_2 –O -CH_2 –R_1

- **Steroids** adalah rantai panjang alkohol yang biasa pada polycylic. Merupakan tanda pada jenis kelamin atau hormon lain pada ikan dan udang dan secara biologi sangat penting dalam proses reproduktif. Streroid mempunyai beberapa struktur umum yang terdiri dari sistem *fused-ring*. Kolesterol secara fisiologi adalah sterol penting dan tersebar luas dalam membran biologi, terutama dalam binatang.
- **Sphingomyelins** tidak berisi glycerol, tetapi zat asam yang mengandung gemuk ester membutuhkan rantai amino alcohol sphingosine. Lipid ini merupakan lipid komponen otak dan jaringan syarat pertumbuhan pada binatang.

Fungsi umum dari lipid

Fungsi yang umum adalah:

a) Sumber energi berkenaan dengan metabolisme, adenosine triphosphate (ATP). Kandungan energi lipid berisi kira-kira dua kali lebih dari energi protein dan karbohidrat.

b) Sumber dari asam lemak esensial (EFA) yang penting untuk pertumbuhan dan kelangsungan hidup ikan. EFA tidak bisa disintesis oleh organisme air dan akan disintesis jika jumlahnya tidak cukup untuk pertumbuhan dan harus disediakan pada pakan ikan, misalnya : asam arachidonik (ARA), asam eicosapentaenoie (EPA), dan asam decosahexaenoic (DHA) adalah asam lemak esensial yang sangat penting di dalam pakan ikan dan krustasea.

c) Komponen sellular yang penting dan selaput subsellular, misalnya : phospholipid dan asam lemak polyunsurated (PUFA).

d) Sumber steroid yang melaksanakan fungsi penting seperti pemeliharaan sistem selaput, transportasi lipid dan prekursor dari hormon steroid.

Asam lemak

Salah satu unsur penting dari lipid adalah asam lemak. Asam lemak ini ada juga yang menyebutkan sebagai lipid dengan makna fisiologis. Berdasarkan kandungan unsurnya asam lemak mempunyai rumusan yang umum yaitu $CH_3\ (CH_2)_n\ COOH$, dimana: n variasi dari 0 sampai ke 24 dan pada umumnya suatu bilangan genap. Asam lemak diberi suatu nama umum disamping formulasi bahan kimianya dan singkatan stenografi. Di dalam tatanama asam lemak, sebuah asam lemak diindentifikasi dengan formula: A:B *n*-3, A:B *n*-6, A:B *n*-9, kadang-kadang ditulis dengan huruf ω

(omega) dimana, A adalah banyaknya atom carbon dan B banyaknya ikatan ganda, *n*-3, *n*-6, *n*-9 adalah posisi ikatan ganda dari metil berakhir pada asam lemak. Sebagai contoh tujuan kuantitatif untuk palmitoleic atau asam hexadecenoic adalah 16:l *n*-7 yang ini berarti bahwa asam palmitoleic mempunyai 16 karbon dan berisi pada ikatan rangkap terdapat pada posisi karbon ketujuh.

Berdasarkan jumlah ikatan rangkap pada asam lemak maka asam lemak dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu asam lemak jenuh dan asam lemak tidak jenuh. Asam lemak jenuh adalah asam lemak yang tidak mengandung ikatan rangkap. Sedangkan asam lemak tidak jenuh adalah asam lemak yang mengandung satu atau lebih ikatan rangkap. Asam lemak jenuh terdiri dari unsur Carbon dari 1 – 24 yaitu format (1), asetat (2), propionat (3), butirat (4), valerat (5), kaproat (6), kaprilat/oktanoat (8), kaprat/dekanoat (10), laurat (12), miristat (14), palmitat (16), stearat (18), arakidat (20), behenat (22), lignoserat (24). Angka yang terdapat di dalam kurung merupakan jumlah atom Carbon yang terdapat pada unsur asal lemak. Pada asam lemak tidak jenuh dapat dikelompokkan ke dalam enam kelompok berdasarkan jumlah ikatan rangkapnya yaitu :

a) Satu ikatan rangkap disebut dengan monoeat, antara lain adalah palmitat/ ω_7 (16 : 1;9), oleat/ ω_9 (18 : 1;9), elaidat/ ω_9 (18 : 1;9) , erusat/ ω_9 (22 : 1;9), nervonat/ ω_9 (24 : 1;13)
b) Dua ikatan rangkap disebut asam dienoat, yaitu linoleat/ ω_6 (18 : 2;9.12)
c) Tiga ikatan rangkap disebut dengan asam trienoat antara lain adalah g.Linolenat/ ω_6 (18 : 3; 6.9.12) dan a.Linolenat/ ω_3 (18 : 3;9.12.15)

d) Empat ikatan rangkap disebut asam tetranoat, antara lain adalah arakidonat/ ω_6 (20 : 4;5.8.11.14)

e) Lima ikatan rangkap disebut asam pentanoat, antara lain adalah Timnodonat/ ω_3 (20 : 5 ; 5.8.11.14.17) dan Klupanodonat/ ω_3 (22 : 5; 7.10.13.16.19)

f) Enam ikatan rangkap disebut dengan asam Heksanoat antara lain adalah Servoat/ ω_3 (22 : 6; 4.7.10.13.16.19)

Dari pengklasifikasian asam lemak tersebut diatas dapat dilihat dari penulisan angka-angka di belakang koma, urutan pertama menyatakan banyaknya jumlah atom Carbon, urutan kedua adalah banyaknya ikatan rangkap pada unsur asam lemak, sedangkan pada urutan terakhir adalah letak/lokasi ikatan rangkap terdapat pada rantai Carbon keberapa, misalnya asam lemak Arakidonat/ ω_6 (20 : 4; 5.8.11.14), rumus bangun asam lemak tersebut terdiri dari Carbon sebanyak 20 buah, jumlah ikatan rangkapnya adalah 4 buah, letak ikatan rangkap tersebut terdapat pada Carbon ke 5, 8, 11 dan 14.

Berdasarkan Millemena (2002) pengelompokan asam lemak dapat dibagi menjadi empat berdasarkan kejenuhannya yaitu *Saturated, Unsaturated, Polyunsaturated dan Higly Unsaturated*. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 7 dan Tabel 8.

Tabel 7. Nama umum asam lemak

Nama umum	Nama kimia	Notasi singkat
Saturated		
Fomat		1 : 0
Asetat		2:0
Propionat		3:0
Butirat	Asam butanoat	4:0
Valerat	Asam pentanoat	5:0
Caproat	Asam keksanoat	6:0

Caprilat	Asam oktanoat	8:0
Caprat	Asam dekanoat	10:0
Laurat	Asam dodekanoat	12:0
Miristat	Asam tetradekanoat	14:0
Palmitat	Asam heksadekanoat	16:0
Stearat	Asam oktadekanoat	18:0
Arachidat		20:0
Behenat		22:0
Lignoserat		24:0
Unsaturated		
Asam Palmitoleat	Asam heksadesenoat	16 :1 *n*-7
Asam oleat	Asam oktadesenoat	18 : 1 *n*-9
Polyunsaturated		
Asam Linoleat	Asam oktadekadienoat	18 : 2 *n*-6
Asam Linolenat	Asam oktadekatrinoat	18 : 3 *n*-3
Highly Unsaturated		
Asam arakidonat	Asam eikosatetraenoat	20 : 4 *n*-6
Asam eikosapentanoat		20 : 5 *n*-3
Asam dokosaheksanoat		22 : 6 *n*-3

Tabel 8. Kelompok Asam lemak Unsaturated/tidak jenuh (Millemena, 2002)

Klas	Keluarga	Notasi singkat	Rumus bangun
n-9	Oleat	18 : 1 *n*-9	CH_3-$(CH_2)_7$-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
		20 : 1 *n*-9	
n-6	Linoleat	18 : 2 *n*-6	CH_3-$(CH_2)_4$-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
		18 : 3 *n*-6	
		20 : 3 *n*-6	
		20 : 4 *n*-6	
		22 : 4 *n*-6	
n-3	Linolenat	18 : 3 *n*-3	
		20 : 5 *n*-3	CH_3-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-CH_2-CH=CH-$(CH_2)_7$-COOH
		22 : 5 *n*-3	

Kebutuhan asam lemak pada ikan

Asam lemak yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan perkembangan ikan budidaya adalah asam lemak essensial yaitu asam lemak yang sangat diperlukan untuk menunjang pertumbuhan namun tubuh (hati) kurang mampu mensisntesisinya oleh karena itu harus disuplai dari pakan. Sedangkan asam lemak essensial yaitu asam lemak yang dapat disintesa oleh tubuh. Asam lemak essesial (*Essensial Fatty Acid*/EFA) yang sangat diperlukan ikan terdiri dari asam lemak linoleat, asam lemak linolenat, asam lemak Eicosapentanoat (EPA) dan asam lemak Dokosaheksanoat (DHA).

Komposisi asam lemak di dalam ikan cenderung dipengaruhi oleh faktor seperti kadar garam, suhu dan makanan. Selain itu kebutuhan asam lemak essensial untuk setiap jenis ikan berbeda antar spesies terutama antara ikan air tawar dan air laut. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9. Kebutuhan asam lemak essensial pada ikan (Watanabe, 1988)

Jenis ikan	Jenis asam lemak	Kebutuhan (%)
Rainbow Trout	18 : 3 ω_3	1
	18 : 3 ω_3	0,8
	18 : 3 ω_3	20 % dari lipid
	ω_3 HUFA	10% dari lipid
Carp	18 : 2 ω_6 dan 18 : 3 ω_3	1
Sidat	18 : 2 ω_6 dan 18 : 3 ω_3	0,5
Chum Salmon	18 : 2 ω_6 dan 18 : 3 ω_3	1

	ω_3 HUFA	0,5
Coho Salmom	Tri18 : 3 ω_3	1 – 2,5
Ikan ayu	18 : 3 ω_3 atau 20 : 5 ω_3	1
Tilapia zilli	18 : 2 ω_6 atau 20 : 4 ω_6	1
Tilapia nilotica	18 : 3 ω_6	0,5
Seabream merah	ω_3 HUFA atau 20 : 5 ω_3	0,5
Turbot	ω_3 HUFA	0,8
Yellow tail	ω_3 HUFA	2
Yamame	18 : 3 ω_3	1
Coregonus	18 : 3 ω_3	0,5

Komposisi lemak tubuh sangat dipengaruhi oleh pakan ikan yang mengandung lemak, walaupun penambahan lemak pada pakan sebaiknya tidak lebih 18%. Tetapi dalam lemak pakan harus diperhatikan apakah terdapat komposisi asam lemak essensialnya. Sumber lemak bagi ikan dapat berasal dari berbagai bahan pakan yaitu minyak hewani atau minyak nabati, keduanya telah ditemukan dan bisa digunakan dalam makanan ikan. Komposisi asam lemak dari berbagai bahan baku pakan ikan dapat dilihat pada Tabel 10. Jika dibandingkan dengan minyak nabati lain atau lemak minyak ikan mengandung berbagai macam asam lemak *unsaturated* pada rantai karbon panjang (20 atau 22 panjangnya rantai karbon), kebanyakan dari sumber hewani memliki asam lemak dari kelompok n-3 . Rantai panjang n-3 asam lemak biasanya menyusun 1/4 - 1/3 semua asam lemak di dalam minyak ikan, sedangkan, rantai panjang asam lemak di dalam kebanyakan minyak nabati jarang melebihi 5% dan sering kurang dari 1%. Kebutuhan lipid berkenaan dengan aturan makan ikan dapat diperoleh dari profil asam lemak.

Ikan memerlukan asam lemak dari kelompok n-3 dan n-6 dalam komposisi pakannya. Jenis asam lemak yang sangat diperlukan bagi ikan budidaya adalah asam linolenat (18:3n-3), asam linoleat (18:2n-6), asam eocosapentaenoat (EPA,20:5n-3) dan asam docosahexaenoat (DHA, 22: 6n-3). Kekurangan asam lemak essensial pada komposisi pakan ikan dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan kondisi kekurangan asam lemak essensial dalam waktu yang berkepanjangan akan menyebabkan kematian ikan budidaya. Kebutuhan asam lemak essensial (EFA) sangat berbeda antara satu jenis ikan dengan jenis ikan yang lainnya seperti telah dijelaskan pada Tabel 10.

Pada jenis ikan *rainbow trout* (*Oncorhynchus mykiss*) memerlukan sekitar 1% 18:3n-3 dalam pakannya Kombinasi 18:3n-3 dan 18:2n-6 dalam berbagai proporsi tidak meningkatkan laju pertumbuhan atau konversi pakan ikan laut. Pada ikan karper (*Cyprinus carpio*), salah satu jenis ikan budidaya air tawar yang paling lama dibudidayakan di dunia memerlukan jenis asam lemak dari kelompok kedua-duanya yaitu18:2n-6 dan 18: 3n-3. Selain itu komposisi asam lemak dapat memberikan pertambahan berat badan yang terbaik dan konversi pakan yang baik dengan komposisi asam lemak campuran dari 1% 18:2n-6 dan 1% 18:3n-3 pada ikan belut (*Anguilla japonica*). Pada ikan budidaya air panas yang lain., membutuhkan antara 18:2n-6 dan 18:3n-3, tetapi pada level 0,5%.

Pada ikan Herbivora di daerah tropis seperti Nila tilapia (*Tilapia nilotica)* membutuhkan asam lemak n-6 ataupun lebih dari n-3. Kebutuhan asam lemak dalam komposisi pakan berkisar antara 18:2n-6 atau 20:4n-6 sebanyak 0,5% . Asam lemak n-3 (n-3 HUFA) adalah asam lemak esensial dari beberapa ikan air laut seperti red sea bream *(Chrysophyrs majo)*, dan

ikan buntut kuning (*Seriola quinquerodiata*). Kebutuhan asam lemak *polyunsaturated* rantai yang panjang harus diberikan untuk menambah atom karbon atau melepas Hidrogen dari pakan, sebagian besar ikan air laut air diperairan dingin membutuhkan asam lemak n-3 (Millamena, 2002).

Tabel 10. Komposisi asam lemak essensial pada berbagai sumber lipid (g/100g asam lemak) (Millamena, 2002)

Sumber lipid	18 : 2 n6	18 : 3 n3	20 : 5 n3	22 : 6 n3
Sumber Tanaman				
Minyak jagung	58	1	0	0
Minyak kelapa	2	0	0	0
Minyak bijikapas	53	1	0	0
Minyak bijilin	17	56	0	0
Minyak palm	10	1	0	0
Minyak palm kernel	2	0	0	0
Minyak Rapeseed	15	8	0	0
Minyai kacang	30	0	0	0
Minyak kedele	50	10	0	0
Minyak bungamatahari	70	1	0	0
Sumber hewan laut				
Minyak capelin	5	0	7	5
Minyak hati cod	5	1	16	14
Minyak hati cuttlefish	1	2	12	18
Minyak herring	1	1	8	5
Minyak hati pollack	2	0	12	7
Minyak salmon	3	0	10	10
Minyak Sardin	3	1	13	10

Minyak shortnect	1	1	19	14
Minyak Skipjack	5	3	7	12
Minyak hati cumi	3	3	12	10

Penelitian tentang asam lemak esensial dibutuhkan untuk ikan air panas dan spesies ikan di Filiphina menunjukkan bahwa beberapa spesies membutuhkan asam lemak antara n-3 dan n-6 sementara lainnya hanya n-3. Pada ikan bandeng yang dibudidayakan pada air laut dibutuhkan n-3 HUFA dan pertumbuhan yang terbaik didapatkan dengan menggunakan antara linolenic (18:3n-3) atau n-3 HUFA sebagai sumber lipid. Ikan laut kakap pada stadia juvenil membutuhkan antara n-3 dan n-6 PUFA dengan kadar 0,5% dalam komposisi pakannya atau pada perbandingan n-3/n-6 dengan rasio 1,0. Ikan Grouper membutuhkan n-3 HUFA sekitar 1%. Pada juvenil udang windu (*Penaeus monodon*), sekitar 2,6% dari komposisi pakan PUFAnya dapat meningkatkan pertumbuhan sedangkan komposisi 18:2n-6 lebih besar daripada 5% memiliki efek negatif pada pertumbuhan. Kemudian, spesies yang berbeda membutuhkan EFA yang berbeda dan perbedaan lebih jelas pada ikan air panas dari pada ikan air dingin.

Lemak pakan yang kekurangan asam lemak essensial akan memberikan dampak negatif bagi ikan budidaya. Hal ini dikarenakan lemak pakan yang tidak mengandung EFA akan mengakibatkan penurunan kandungan lemak pada hepatopankreas ikan carp. Akumulasi lemak pada hati hewan yang kekurangan EFA dapat mengganggu biosintesis lipoprotein. Selain itu berdasarkan hasil penelitian dari Watanabe (1988) kekurangan EFA akan sangat berpengaruh terhadap spawning/pemijahan rainbowtrout

dan seabream merah, hal ini dikarenakan EFA berperan penting pada fisiologi reproduksi sebagai tokoferol pada ikan. Selain itu pada *rainbowtrout* dewasa yang memakan lemak kekurangan EFA pada usia tiga bulan sebelum telur matang, maka telur yang dihasilkan memiliki daya tetas yang rendah. Dengan memberikan EFA sebanyak 1% yaitu asam lemak linoleat ternyata kondisi penetasan telur dapat ditingkatkan. Dampak negatif lainnya jika kekurangan EFA pada telur ikan yang telah dibuahi akan terjadi perubahan bentuk/deformasi tubuh dan larva menjadi abnormal. Dengan adanya perubahan bentuk tubuh, kecacatan larva maka pertumbuhan ikan tersebut akan terlambat.

Vitamin

Vitamin berasal dari kata *vitamine* yang berarti zat hidup (vital) yang mengandung N (amine) atau disebut juga biokatalis. Vitamin merupakan senyawa organik dengan berat molekul rendah (berat molekulnya biasanya kurang dari 1000) dengan komposisi dan fungsi yang beragam yang sangat penting bagi kehidupan tetapi tidak dapat disintesis oleh tubuh. Vitamin termasuk ke dalam komponen pelengkap yang kehadirannya dalam makanan sangat diperlukan untuk menormalkan pertumbuhan dan perawatan kesehatan dan ketidakcukupan dalam bahan makanan dapat mengakibatkan pengembangan kondisi spesifik pathologic. Istilah vitamin dengan kata lain adalah *dietary essensial* yaitu harus diberikan dari luar tubuh karena tubuh tidak dapat mensintesis sendiri. Jumlah vitamin yang dibutuhkan oleh ikan sangat sedikit dibandingkan dengan zat nutrisi lainnya tetapi kekurangan vitamin dalam komposisi pakan dapat menyebabkan gejala tidak normal pada ikan sehingga akan mengganggu proes pertumbuhannya. Kebutuhan ikan akan vitamin sangat ditentukan oleh faktor dalam maupun faktor luar

antara lain adalah jenis dan ukuran ikan, laju pertumbuhan, komposisi pakan, kondisi fisiologis ikan serta lingkungan perairan dimana ikan itu hidup.

Klasifikasi Vitamin

Vitamin dapat dikelompokkan menjadi dua golongan menurut Tacon (1991) yaitu pertama vitamin yang larut dalam lemak terdiri dari vitamin A (retinol) , vitamin D (kolekalsiferol/ergokalsiferol), vitamin E (alfa tokoferol) dan vitamin K (menadion), kedua adalah vitamin yang larut dalam air terdiri dari vitamin B1 (Tiamin), vitamin B2 (Riboflavin), vitamin B3 (Niasin), vitamin B5 (asam pantotenat), vitamin B6 (piridoksin), vitamin B12 (kobalamin), biotin, asam folat, inocitol, kolin dan vitamin C (asam askorbat).

Vitamin yang larut dalam lemak banyak terdapat dalam daging ikan, minyak ikan dan biji-bijian sebagai sumber minyak seperti kacang tanah,kacang kedelai dan sebagainya. Sekali diserap dalam tubuh, vitamin-vitamin tersebut disimpan dalam hati atau jaringan-jaringan lemak. Seperti halnya lemak, vitamin memerlukan protein pengangkut untuk memindahkannya dari satu tempat ke tampat yang lain. Karena sifatnya yang tidak larut dalam air maka vitamin dlam kelompok ini tidak dapat dikeluarkan atau diekskresikan, akibatnya vitamin ini dapat ditimbun dalam tubuh bila dikonsumsi berlebihan/dalam jumlah banyak. Vitamin yang larut dalam lemak ini dapat diserap dengan efisien jika terdapat penyerapan lemak yang normal. Begitu diserap, molekul vitamin tersebut diangkut di dalam darah dalam bentuk lipoprotein atau terikat dengan protein pengikat yang spesifik.

Vitamin-vitamin yang larut dalam air bergerak bebas dalam badan, darah dan limpa. Karena sifatnya yang larut dalam air, vitamin ini mudah rusak dalam pengolahan dan mudah hilang karena tercuci atau terlarut oleh air, keluar dari bahan. Selain itu sifat vitamin ini tidak stabil selama penyimpanan. Oleh karena itu harus tersedia dalam pakan secara terus menerus. Berbeda halnya dengan vitamin B12 yang dapat disimpan dalam hati selama beberapa tahun. Semua vitamin yang larut dalam air, kecuali vitamin C berfungsi sebagi koenzim atau kofaktor dalam reaksi enzimatik.

Vitamin A

Vitamin A atau retinol merupakan senyawa poliisoprenoid yang mengandung cincin sikloheksanil. Di dalam tubuh, fungsi utama vitamin A dilaksanakan oleh retinol dan kedua derivatnya yaitu retinal dan asam tetinoat. Senyawa tersebut terutama disimpan dalam bentuk ester retinol di dalam hati (Steffens, 1989). Menurut Winarno (1997), vitamin A merupakan jenis vitamin yang aktif dan terdapat dalam beberapa bentuk yaitu vitamin A alkohol (retinol), vitamin A aldehida (retinal), vitamin A asam (asam retinoat) dan vitamin A ester (ester retinil).

Vitamin A mempunyai fungsi menjadikan penglihatan normal, dalam retina pada mata vitamin A dikombinasikan dengan protein khas membentuk pigmen penglihatan. Pigmen penglihatan ini berfungsi sebagai penerima dan transmisi cahaya dari mata ke otak. Vitamin A dibutuhkan untuk memelihara jaringan epitel lendir/cairan spesial dalam saluran reproduksi, kulit, tulang, dan saluran gastrointestin. Secara normal mata akan mengeluarkan cairan lemak kental yang disebut mukus

(lendir). Cairan tersebut diproduksi oleh sel epitel mukosa, yang berfungsi untuk mencegah terjadinya infeksi pada mata. Mekanisme penglihatan terjadi karena fungsi vitamin A dan protein yang terjadi di dalam sel batang retina mata. Sel tersebut akan berfungsi dengan adanya rangsangan sinar yang berintensitas rendah dan bukan oleh adanya rangsangan warna.

Komponen aktif yang berperan dalam proses penglihatan adalah senyawa retinol teroksidasi yaitu retinal atau vitamin A aldehid yang akan mengikat protein yang dikenal dengan nama opsin. Kompleks retinal opsin tersebut disebut Rodopsin, yang akan menyusun membran sel batang. Pada saat rodopsin memperoleh rangsangan sinar, retinal akan beraksi melalui berbagai reaksi enzimatis dan memberikan rangsangan ke saraf optik dan seterusnya akan diteruskan ke otak.

Dalam bahan makanan vitamin A terdapat dalam bentuk karoten sebagai ester dari vitamin A dan sebagai vitamin A bebas. Keaktifan biologis karoten jauh lebih rendah dibandingkan dengan vitamin A, karena karoten merupakan sumber utama vitamin A. Sayuran dan buah-buahan yang berwarna hijau atau kuning biasanya banyak mengandung karoten. Ada hubungan langsung antara derajat kehijauan sayuran dengan karoten. Semakin hijau daun tersebut semakin tinggi kadar karotennya, sedangkan sayuran yang daun-daunannya berwarna pucat seperti selada dan kol sangat miskin dengan karoten. Sumber bahan yang kaya akan retinol terdapat pada minyak hati ikan (minyak hati ikan halibut 9000 ug/g, minyak hati ikan cod 180 ug/g) dan tepung hati hewan 25 – 100 ug/g.

Bahan pakan yang berasal dari tumbuhan yang kaya akan vitamin A (retinol setara 1 ug/g berat basah) termasuk wortel tua = 20, bayam = 10, watercess = 5. Provitamin A yaitu β-karoten banyak terdapat dalam sayuran hijau dan secara praktisnya terdapat dalam wortel, ubi jalar dan waluh.

Jumlah vitamin A/retinol dalam sumber bahan dinyatakan dalam Internasional Unit (IU) atau Satuan Internasional (SI). 1 IU vitamin A setara 0,344 ug retinol atau 0,6 ug beta karoten, jadi : 1RE = 1 ųg retinol (3,33 IU) = 6 ųg β-karoten (10 IU) = 12 ųg karatenoid (10 IU). Sumber vitamin A dibagi dalam tiga kelompok yaitu kandungan tinggi, sedang dan rendah. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11. Penggolongan beberapa sumber Vitamin A (Flint (1981) *dalam* Winarno (1997)

Tinggi (RE > 20000 ug/100g)	Sedang (RE 1000-20000 ug/100g)	Rendah (RE < 1000 ug/100g)
• Minyak ikan • Minyak kelapa sawit	• Hati kambing/domba • Hati ayam • Ubi jalar • Wortel • Bayam	• Roti • Daging (sapi) • Kentang • Ikan

Vitamin A sangat dibutuhkan oleh ikan dan jumlah kebutuhan vitamin A pada beberapa spesies ikan berbeda. Kebutuhan vitamin A pada beberapa jenis ikan budidaya dapat dilihat pada Tabel 12.

Tabel 12. Kebutuhan vitamin A beberapa spesies ikan budidaya (Tacon, 1987 dan 1991)

Jenis ikan	Status pemeliharaan/wadah/vitamin	Kebutuhan	Reff.
Ikan Mas (*Cyprinus* *carpio*) Channel catfish (*Ictalurus* *punctatus*) Channel catfish (*Ictalurus* *punctatus*) Rainbow trout Rainbow trout Salmon Ikan Guppy	Dalam ruangan / tangki / bahan murni Dalam ruangan / tangki / bahan murni Dalam ruangan / tangki / bahan murni - - Dalam ruangan / tangki / bahan murni -	4000– 20000 IU/kg 1000 – 2000 IU/kg 2000 – 2500 IU/kg 2500 – 5000 IU/kg 2000 – 2500 IU/kg R 2000 – 4000 IU/kg	Aoe dkk, 1968 Dupre, 1970 Halver,1972 Halver,1972 Kitamura,1967 Halver, 1972 Shim& Tan,1989

Vitamin A dalam tubuh ikan berperan dalam penglihatan, mata, permukaan epitel serta membantu proses pertumbuhan. Peranan retinol untuk penglihatan normal sangat penting karena penglihatan mata sangat tergantung oleh adanya rodopsin, suatu pigmen yang mengandung retinol. Pada kondisi kekurangan vitamin A, sel epitel mukosa mata tidak mampu memproduksi mukus, tetapi akan mengeluarkan protein yang tidak larut dalam air yang disebut keratin. Apabila keadaan tersebut terjadi secara terus menerus, maka sel-sel membran akan menjadi kering dan mengeras, yang disebut dengan keratinisasi. Xeropthalmia adalah keadaan kekurangan vitamin A, mula-mula konyugasi mata mengalami keratinasi, kemudian kornea mata juga terpengaruh dan bila dibiarkan berlanjut akan menjadi buta. Beberapa gejala kekurangan vitamin A pada ikan dapat dilihat pada Tabel 13.

Tabel 13. Kekurangan vitamin A pada beberapa jenis ikan (Tacon 1987&1991)

Jenis ikan	Gejala defisiensi
Salmon	Pertumbuhan lambat, xeropthalmia, epitel kornea menjadi keruh dan mengental, degenerasi retina
Ikan mas (*Cyprinus carpio*)	Anoexia, warna tubuh menjadi kusam, pendarahan pada sirip dan kulit, xeropthalmia, abnormal/melengkung pada bagian operculum
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Depigmentasi, mata menonjol dan buram (xeropthalmia), oedema, atropia, pendarahan pada ginjal, mortalitas meningkat
Guppy (*Poecilia reticulata)*	Pertumbuhan menurun, efisiensi pakan buruk

Vitamin A dalam pemberiannya pada ikan sebaiknya tidak berlebihan, karena berdasarkan hasil penelitian dalam Tacon (1991), pemberian vitamin A dengan dosis 2,2 – 2,7 juta IU/kg pada ikan salmon memberikan dampak keracunan. Dampak keracunan vitamin A ini dapat dilihat dari gejala-gejalanya antara lain adalah pertumbuhan menurun dan terjadi pendarahan, pecah/erosi yang hebat pada sirip ekor, dubur, dada, perut dan punggung. Oleh karena itu pemberian vitamin A ini harus sesuai dengan kebutuhan ikan, karena vitamin A ini merupakan vitamin yang larut dalam lemak jika kelebihan dalam tubuh ikan tidak dapat dieksresikan keluar tubuh tetapi disimpan dalam bentuk berikatan dengan lemak.

Vitamin D

Menurut Murray (1999), vitamin D merupakan prohormon steroid. Vitamin ini diwaklili oleh senyawa steroid yang terutama terdapat pada hewan, tanaman dan ragi. Melalui berbagai perubahan metabolik dalam tubuh, vitamin D menghasilkan suatu hormon yang dikenal dengan nama kalsitriol, kalsitriol ini mempunyai peranan sentral dalam metabolisme kalsium dan fosfor. Dari beberapa jenis vitamin D dua diantaranya dianggap yang paling penting yaitu vitamin D_2 (ergo kalsiferol) dan vitamin D_3 (7-dehidrokolesterol kolikolaferol). Struktur kedua vitamin tersebut sangat mirip. Vitamin ini merupakan vitamin yang larut dalam lemak dan sangat sensitif terhadap adanya oksigen dan sinarmatahari. Kedua vitamin tersebut merupakan kristal putih yang dibentuk dari proses irradiasi senyawa sterol yang kemudian diikuti dengan proses pemurnian. Vitamin D disebut juga vitamin anti-rachitis (Andarwulan dan Koswara, 1989). Sumber utama vitamin D di alam adalah kolekalsiferol (vitamin D_3). Seperti vitamin A, kolekalsiferol hanya terdapat pada jaringan hewan. Pada kebanyakan hewan darat kolekalsiferol diproduksi dalam kulit melalui sinar UV dengan provitamin 7 dehidrokolestrol.

Vitamin D di dalam tubuh aktifitasnya dapat dibagi ke dalam tiga tempat yaitu usus, tulang dan ginjal. Di dalam usus vitamin D berperan dalam absorbsi Ca, karena pada keadaan defisiensi/kekurangan vitamin D maka penyerapan Ca menurun. Di dalam usus terdapat Ca binding protein yang memerlukan vitamin D. Di dalam tulang vitamin D berperan dalam proses reaksi collagen dan meningkatkan resorbsi tulang. Sedangkan dalam ginjal, vitamin D berfungsi dalam mengurangi clearance Ca dan P. Vitamin D dapat disintesis dalam tubuh manusia dan hewan dalam bentuk vitamin D2. Laju sintesis vitamin D tergantung pada jumlah sinar

matahari yang diterima serta konsentrasi pigmen di kulit. Vitamin tersebut kemudian diaktifkan oleh sinar matahari dan diangkut ke berbagai alat tubuh untuk dimanfaatkan atau disimpan di dalam hati.

Menurut Tacon (1987), sumber bahan yang kaya akan kolekalsiferol termasuk hati ikan (minyak hati ikan cod 2 – 10 ųg/g), minyak dan tepung hati hewan serta tepung ikan. Sumber pakan yang mengandung cholecalciferol/vitamin D sering dinyatakan dalam Internasional Unit (IU). 1 IU berpotensi 0,025 ųg cholecalciferol dan setara 1 unit BSI (British Standart Unit) atau 1,3 unit AOAC (Association of Analytical Chemist USA). Pengukuran keaktifan atau kekurangan vitamin D dapat dilakukan dengan cara *line test* yaitu membandingkan 2 kelompok hewan percobaan yang dibiarkan kekurangan vitamin D dengan memberi diet rachitogeni dan kelompok lain diberi minyak ikan. Setelah 7 – 10 hari tulang-tulang panjang dianalisis terhadap adanya *calcium line*, makin tebal calcium linenya maka makin tinggi kekuatan vitamin D tersebut. Kebutuhan vitamin D pada ikan budidaya juga bervariasi menurut jenis ikannya (Tabel 14.).

Tabel 14. Kebutuhan vitamin D pada beberapa jenis ikan budidaya (Tacon, 1987 & 1991)

Jenis ikan	Status pemeliharaan/wadah/vitamin	Kebutuhan	Refferens
Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	NR	NRC, 1983
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	1000 IU/kg	Murray, 1980
	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	500 IU/kg	Lowel&Li, 1978
	-	1600 – 2400 IU/kg	Barnet, 1979
Channel catfish (*Ictalurus*	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	R	

punctatus) Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Penaeid (*Penaeus japonicus*)			Kanazawa, 1983

Kekurangan vitamin D pada ikan budidaya dapat menyebabkan beberapa gejala, misalnya pada ikan salmon mengakibatkan terjadinya penurunan pertumbuhan dan efisiensi pakan, anorexia, tetani, isi hati/lemak otot meningkat tinggi dan tingkat plasma T3 meningkat. Pada ikan *channel catfish* mengakibatkan terjadinya penurunan petumbuhan sedangkan pada udang sintasan/kelangsungan hidup menurun. Kekurangan vitamin D dapat mengakibatkan :

a. Riketsia, ditandai oleh bengkok tulang belakang kaki sehingga berbentuk O pada anak-anak.
b. Tetani, suatu gejala ditandai bengkoknya pergelangan tangan dan sendi akibat rendahnya kalsium dalam serum karena kekurangan vitamin D atau rusaknya kelenjar paratiroid
c. Osteomalacia, penderitaan diakibatkan kekurangan vitamin D dan kalsium pada orang dewasa.

Vitamin D dalam tubuh jika berlebihan dapat menyebabkan keracunan, gejala keracunan pada ikan salmon dapat diperlihatkan dengan terjadinya penurunan pertumbuhan, kelesuan, warna tubuh semakin gelap. Pada ikan *channel catfish* gejala keracunan mengakibatkan penurunan pertumbuhan dan efisiensi pakan buruk (Tacon, 1991).

Vitamin E

Vitamin E (tokoferol) berperan sebagai antioksidan dari larutan lemak ekstraseluler dan intraseluler dalam tubuh hewan. Dengan menerima oksigen, vitamin E dapat membantu mencegah okidasi terhadap vitamin A dalam saluran pencernaan. Dalam jaringan vitamin E menekan terjadinya oksidasi asam lemak tak jenuh. Vitamin E juga terlibat dalam proses sintesis, khususnya dalam proses pemasangan pirimidin ke dalam asam nukleat, serta dalam proses pembentukan sel darah merah dalam sumsum tulang. Vitamin E dibutuhkan dalam sintesis koenzim A yang penting dalam pernafasan. Selain itu dapat melindungi HUFA (*Highly Unsaturated Fatty Acid*) dalam sel dan submembran sel dan senyawa reaktif lainnya (seperti vitamin A dan vitamin C) dari pengaruh oksidasi dengan bertindak sebagai perangkap radikal bebas. Vitamin E juga berperan penting dalam respirasi sel dan biosintesisa DNA dan sebagai koenzim Q. Vitamin E dan vitamin C dapat berfungsi sebagai antioksidan, melindungi asam lemak secara *in vitro* dan *in vivo* (Machlin, 1990).

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung tocopherol antara lain adalah : tepung alfalfa, tepung kulit ari gandum (100 mg/kg), seluruh telur ayam, kulit ari beras (75 – 100 mg/kg), kulit padi, gandum biasa (10 -75 mg/kg), bahan pembuat bir kering, bijian barley, semua tepung lemak kedelai, biji jagung, sisa penggilingan gandum (25- 50 mg/kg), tepung getah biji/buah pohon ek, dedak gandum, bijian gandum hitam, sorgum, tepung ikan, oat, tepung biji bunga matahari, tepung biji kapas (10-25 mg/kg) dan sumber lainnya.

Cara pengukuran vitamin E dinyatakan dalam Satuan Internasional (SI) atau dalam miligram alfa tokoferol. 1 SI vitamin E sama dengan 1 mg DL-

alfa-tokoferol asetat sintetik, D-alfa-tokoferol alami sama dengan 1,49 SI/g. Biasanya keaktifan tokoferol yang bukan alfa tokoferol diabaikan karena potensi keaktifannya rendah.

Pencernaan vitamin E biasanya bersamaan dengan pencernaan lemak yang dimulai dari bagian lambung dan secara intensif ada di usus. Lemak dan vitamin E dihidrolisis dengan katalisator lemak menjadi monogliserida dan asam lemak. Dengan adanya garam empedu yang berfungsi sebagai pengelmusi lemak maka terbentuklah ’miseles” yang siap diserap dalam dinding usus. Penyerapan vitamin E di dalam usus dalam bentuk α-tokoferol yang merupakan bentuk aktif vitamin E. Vitamin E akan dibebaskan dan diserap selama proses pencernaan lemak dan diangkut dalam darah oleh lipoprotein pertama lewat penyatuan ke dalam kilomikron yang mendistribusikan vitamin ke jaringan yang mengandung lipoprotein lipase kemudian ke hati.

Kebutuhan vitamin E dalam komposisi pakan ikan mutlak diberikan karena vitamin E sangat membantu dalam proses reproduksi ikan dan sebagai antibodi. Kebutuhan vitamin E untuk setiap jenis ikan budidaya sangat bervariasi, berdasarkan hasil penelitian oleh beberapa peneliti sangat beragam. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 15.

Tabel 15. Kebutuhan vitamin E pada beberapa jenis ikan (Tacon, 1987, 1991)

Jenis ikan	Status pemeliharaan / wadah/vitamin	Kebutuhan (mg/kg pakan)	Referensi
Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	100	Watanabe, 1970
Ikan Mas (*Cyprinus carpio*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	300	Watanabe, 1970
Channel catfish	Dalam ruangan / tangki /	30 - 75	Murray, 1980

(*Ictalurus*	bahan murni		
punctatus) Tilapia	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	50 - 100	Satoh et al,1987
(*Oreochromis niloticus*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	20 – 30	Cowey et al, 1981
Rainbow trout (*S. gairdneri*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	50 – 100	Watanabeet al, 1981
Rainbow trout (*S. gairdneri*)	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	200	Kanazawa, 1983
Penaeid (*Penaeus*	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	R	Halver, 1972
japonicus) Coho salmon	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	40 – 50	Halver, 1972
(*O. kisuth*) Chinook salmon	Dalam ruangan / tangki / bahan murni	R	Halver, 1972
(*O. tshawytscha*) Brook trout			
(*S. fontinalis*)			

R : memperlihatkan kebutuhan akan vitamin, tetapi keperluan secara kuantitas belum diketahui

Selain itu kebutuhan akan vitamin E telah dilakukan penelitian oleh beberapa peneliti dengan mengamati pertambahan berat badan dengan kisaran kebutuhan vitamin untuk setiap jenis ikan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 16.

Tabel 16. Kriteria respon ikan terhadap pemberian vitamin E sesuai dengan kebutuhan ikan budidaya (NRC, 1993)

Jenis ikan	Kebutuhan (berat/kg pakan)	Kriteria Respon	Referensi
Atlantik	35 mg	WG, ADS	Lall *et al*,1988
salmon	30 IU	WG, ADS	Woodall *et al*,1964
Pasifik	40 – 50 mg	WG, MLS	Halver, 1972
salmon	30 IU	WG, ADS	Woodall *et al*, 1964
Pasifik	25 mg	WG, ADS	Hung *et al*, 1980
salmon	100 mg	MLS	Watanabe *et al*,
Rainbow	50 mg	AASLP	1981
trout	25 mg	WG, ADS	Cowey *et al*, 1983
Rainbow	50 mg	AASLP	Murray&Andrew,

trout Rainbow trout Rainbow trout Channel catfish Channel catfish Ikan mas Ekor kuning Tilapia biru Ikan nila	100 119 25 mg 50 -100 mg	WG, ADS MLS WG WG, ADS	1974 Wilson *et al*, 1984 Watanabe *et al*, 1970 Shimeno, 1991 Roem *et al*, 1990 Sotoh *et al*, 1976

Takeuchi (1992), menjelaskan bahwa ikan grass carp (*Ctenopharyngodon idella*) yang diberikan α-tokoferol 2,0; 4,5; 9,4; 18,7; 27,5; 44,5 mg/100 g pakan, memberikan hasil pertumbuhan yang terbaik pada pemberian vitamin E sebanyak 4,5 dan 9,4 mg/100 g pakan. Ikan mengalami distropi yang ditandai hilangnya daging ikan bagian punggung tubuh jika diberikan α-tokoferol sebanyak 2,0 mg/100 g pakan. Sedangkan Hamre et al (1994), meneliti ikan salmon atlantik dengan pemberian DL α-tokoferol asetat sebanyak 0 dan 15 mg/kg pakan, ikan mengalami defisiensi. Ikan yang mengalami defisiensi vitamin E akan memperlihatkan haemoglobin seluler rendah, volume dan jumlah sel darah merah meningkat dan bagian sel darah merah tidak matang. Kadar vitamin E 60 mg/kg pakan dapat memberikan kelngsungan hidup yang tinggi. Pada hasil penelitian Syahrizal (1988) pada ikan lele pemberian α-tokoferol dalam pakan akan memberikan hasil yang terbaik pada kadar 211,60 – 308,16 mg/kg pakan pada kadar lemak 6,38 – 6,50%.

Berdasarkan hasil penelitian beberapa peneliti yang mendalami tentang pemberian vitamin E pada ikan budidaya tersebut memperlihatkan bahwa vitamin E sangat dibutuhkan oleh ikan budidaya untuk meningkatkan laju pertumbuhan dan seperti juga pada manusia vitamin

E dapat meningkatkan kesuburan dan ternyata pada ikan budidaya juga memberikan dampak yang positif terhadap proses percepatan organ reproduksi yang dapat meningkatkan masa reproduksi ikan budidaya. Oleh karena itu pemberian vitamin E pada ikan harus sesuai dengan kebutuhan ikan tidak boleh berlebihan dan kekurangan. Dari hasil pengamatan para peneliti diperoleh suatu gejala umum jika ikan yang dibudidayakan kekurangan vitamin E dalam pakan. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Tabel 17.

Tabel 17. Gejala kekurangan vitamin E pada beberapa ikan budidaya Tacon, 1991)

Jenis ikan	Gejala
Ikan mas (*Cyprinus carpio*)	Penyakit otot, mortalitas meningkat, exopthalmi
Ikan Salmon (*Salmo gardineri*)	Pertumbuhan menurun, exopthalmia, ascites, anemia, insang menggumpal, epicarditis, endapan ceroid dalam limpa, mortalitas meningkat, warna insang memucat, kerusakan otot, daya tetas telur menurun
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Pertumbuhan dan efisiensi pakan menurun, meneteskan diathesis, penyakit otot, depigmentasi, hati berlemak, anemia, terhentinya perkembangan jaringan pankreas, mortalitas meningkat, pengendapan ceroid dalam hati dan pembuluh darah
Jenis ikan	Gejala
Penaeids (*Penaeus japonicus*)	Survival dan pertumbuhan menurun
Tilapia (*Oreochromis niloticus*)	Anorexia, pertumbuhan menurun, effisiensi pakan rendah, mortalitas meningkat, pendarahan pada kulit dan sirip, degradasi urat/otot, kerusakan pada sel produksi darah merah

Vitamin K

Menurut Tacon (1987), di alam vitamin K terdapat dalam dua bentuk yaitu vitamin K_1 yang disebut mefiton dan vitamin K_2 yang disebut mevaquinon atau farnaquinon. Vitamin K_1 banyak terdapat pada sayuran sedangkan vitamin K_2 banyak terdapat pada hasil metabolisme bakteri

usus dan terdapat pada jaringan. Vitamin K merupakan senyawa sintetis yang banyak digunakan secara klinis dan disebut sebagai Menadion (Vitamin K_3).

Vitamin K digunakan untuk pemeliharaan koagulasi darah normal dalam kemudahan produksi dan atau pelepas berbagai protein plasma yang dipergunakan untuk koagulasi darah (pembekuan darah).

Sumber bahan baku pakan yang banyak mengandung vitamin K antara lain adalah tepung alfalfa (9 mg/kg), tepung ikan (2 mg/kg), tepung hati dan sayuran hijau (bayam, kangkung, kubis, jelatang dan pine neddles). Vitamin K1 banyak terdapat pada daun lobak , teh hijau, brokoli, kol, selada, sedangkan vitamin K2 banyak terdapat pada hasil metabolisme bakteri usus dan terdapat pada jaringan.

Kebutuhan vitamin K pada ikan budidaya belum banyak dilakukan penelitian, menurut Tacon (1991) kebutuhan vitamin K pada ikan *channel catfish* berkisar antara 0,5 – 1 mg/kg pakan, dimana pada dosis tersebut dapat memberikan pertambahan berat badan. Selain itu kekurangan vitamin K pada ikan budidaya juga memberikan dampak yang negatif pada ikan salmon dimana ikan salmon yang kekurangan vitamin K akan memberikan gejala peningkatan penggumpalan darah, anemia, pendarahan pada insang, mata dan jaringan pembuluh darah, Sedangkan pada *channel catfish* mengakibatkan pendarahan pada kulit dan pada udang mengakibatkan terjadinya penurunan kelangsungan hidup (Tacon, 1991).

d. Vitamin yang larut dalam air

Vitamin B1 (Tiamin)

Tiamin berperan sebagai kofaktor enzim untuk metabolisme karbohidrat dalam menghasilkan energi dan proses dekarboksilasi (pelepasan karbondioksida) dalam reaksi enzim multiplek. Penyerapan tiamin oleh usus berlangsung melalui dua mekanisme yaitu pertama difusi secara pasif yang terjadi pada saat konsentrasinya tinggi dan kedua berlangsung melalui transport aktif yaitu pada saat konsentrasinya menurun. Di dalam tubuh tiamin tidak dapat disimpan dalam jumlah banyak, oleh karena itu kelebihian tiamin di dalam tubuh akan dibuang melalui urin. Sedangkan dalam jumlah terbatas tiamin dapat disimpan di dalam hati, ginjal, jantung, otot dan otak.

Kebutuhan tiamin untuk berbagai jenis ikan berbeda-beda seperti yang diperoleh dari hasil rangkuman oleh Tacon (1991) melalui berbagai penelitian oleh peneliti pada Tabel 18.

Setiap jenis ikan membutuhkan jumlah tiamin yang berbeda dalam komposisi pakan. Apabila kandungan tiamin dalam pakan tidak mencukupi maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti pada Tabel 19.

Tabel 18. Kebutuhan Tiamin dalam pakan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*)	0,5	Aoe *et al*, 1969
Channel catfish (*Ictalurus*	1	Mclaren *et al*, 1978
punctatus)	1 -10	Halver, 1972
Rainbow trout (*S. gairdneri*)	10 – 12	Halver, 1972
Brown trout (*Salmo trutta*)	10 – 12	Halver, 1972
Brook trout (*Salvelinus*	10 – 15	Halver, 1972
fontinalis)	10 – 15	Halver, 1972

Chinok salmon (*O.tshawytscha*) Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) Atlantik salmon (*Salmo salar*) Turbot (*Scopthalmus maximus*) Tilapia (*Oreochromis sp*) Shrimp larva (*Penaeus japonicus*) Shrimp juvenile (*Penaeus japonicus*)	10 – 15 0,6 – 2,6 2,5 40 60 - 120	Halver, 1972 Cowey *et al*, 1975 Lim *et al*, 1991 Kanazawa, 1985 Deshimaru&Kuroki, 1979

Tabel 19. Tanda-tanda kekurangan tiamin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan lambat, kepekaan yang meningkat karena getaran pada wadah atau akibat kilatan cahaya.	McLaren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957,Kitamura *et al*, 1967
Common carp (*Cyprinus carpio)*	Pendarahan pada sirip, kegugupan memucatnya warna tubuh, nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat	Aoe *et al*, 1969
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat, pewarnaan kulit menjadi gelap, kematian	Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978
Red sea bream (*C. major*)	Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat	Yone, 1975
Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Eel (A*nguila japonica*)	Nafsu makan berkurang, ataxia, gejala perubahan memutarnya badan, pendarahan pada sirip	Arai *et al*, 1972 Hashimoto *et al*, 1972
Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi

Tilapia (*Oreochromis* sp)	Nafsu makan berkurang, warna kulit menjadi muda, gangguan syaraf, efisiensi pakan dan pertumbuhan rendah, hematocrit rendah	Lim *et al*, 1991
Asian seabass (*Lates calcarifer)*	Nafsu makan berkurang, pewarnaan kulit menjadi gelap, pertumbuhan lambat, kematian yang diakibatkan setelah penanganan	Booyaratpalin & Wanakowat, 1991
Shrimp (*Penaeus japonicus*)	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup rendah	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung tiamin antara lain adalah daging berwarna merah, hati mamalia laut dan beras merah, krustasea, moluska, sayuran dan buah-buahan. Tiamin juga sudah diproduksi secara komersil dalam bentuk tiamin klorida dan tiamin difosfat monoklorida. Keberadaan tiamin dalam tubuh ikan sangat dipengaruhi oleh suhu, pH dan bisulfat, basa organik, enzim tiaminase dan radiasi (Steffens, 1992)

Vitamin B2 (Riboflavin)

Riboflavin berperan dalam proses oksidasi reduksi dalam jaringan dan terdapat dalam bentuk koenzim/enzim flavin yang disebut flavoprotein. Flavoprotein ini sebagai koenzim pada oksidasi asam amino, reaksi dihydropolite dehydrogenase dan transport elektron.

Riboflavin di dalam usus diubah ke dalam bentuk koenzimnya dan setelah itu akan didistribusikan ke dalam sel-sel agar dapat berfungsi dalam proses biokimia. Ada dua koenzim dari riboflavin yaitu *Flavin Mono Nucleotida* (FMN) dan *Flavin Adenin Dinucleotida* (FAD)(Prawirokusumo, 1991). Penyerapan riboflavin akan meningkat dengan adanya garam-

garam empedu. Hasil metabolisme riboflavin ini akan dieksresikan ke dalam urin dan feses dan sejumlah kecil melalui cairan empedu dan keringat. Metabolisme riboflavin dipengaruhi oleh hormon tiroid dimana hormon tiroid ini akan meningkatkan aktivitas FAD dan FMN. Pada keadaan hipotiroid akan terjadi peningkatan laju perubahan riboflavin menjadi FMN dan FAD.

Kebutuhan ikan akan vitamin B2 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 20. Apabila kandungan riboflavin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 21.

Tabel 20. Kebutuhan Vitamin B2 dalam pakan ikan

Jenis ikan	Kandunga (mg/kg)	Referensii
Common carp (*Cyprinus carpio*)	7	Takeuchi *et al*, 1980
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	9	Murai&Andrew, 1978
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	2,7	Amezaga&Knox,1990
Brown trout (*Salmo trutta*)	20 – 30	Halver, 1972
Brook trout (*Salvelinus fontinalis*)	20 – 30	Halver, 1972
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	20 – 25	Halver, 1972
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	20 – 25	Halver, 1972
Atlantik salmon (*Salmo salar*)	5 – 10	Halver, 1980
Tilapia (*Oreochromis sp*)	0,6 – 2,6	Halver, 1972
Shrimp larva (*Penaeus japonicus*)	5	Lim *et al*, 1991
Shrimp juvenile (*Penaeus japonicus*)	80	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung riboflavin antara lain adalah daging dan produk susu, bayam, asparagus dan brokoli. Riboflavin tidak stabil jika terkena panas dan cahaya, dimana dengan adanya cahaya akan merusak aktivitas riboflavin secara perlahan-lahan. Dalam bentuk

larutan riboflavin sangat tidak stabil. Dekomposisinya sangat dipengaruhi olehsuhu dan pH larutan.

Tabel 21. Tanda-tanda kekurangan riboflavin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan lambat, ada paskularisasi pada kornea, lensa mata kabur, erosi pada moncong mulut, erosi sirip ekor yang parah, bertambahnya laju kematian, pendarahan pada sirip ekor, otot yang lemah, bagian dinding perut mengalami pencekungan, takut pada cahaya, tulang punggung tidak normal, pembentukan zat warna yang terang atau gelap, tidak ada koordinasi, malas bergerak, kurang darah.	McLaren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957,Kitamura *et al*, 1967,Poston et al,1977, Takeuchi et al, 1980, Hughes et al, 1981, Woodward,1982, Amegaza&Knox, 1990
Common carp (*Cyprinus carpio)*	Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat, laju kematian sangat tinggi, pendarahan pada kulit dan sirip, sangat gugup, takut sinar.	Aoe *et al*, 1969
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Kekerdilan dengan badan yang pendek, hilangnya nafsu makan, pertumbuhan lambat, katarak	Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978
Red sea bream (*C. major*)	Pertumbuhan lambat	Yone, 1975
Eel (*Anguila*	Pendarahan pada sirip, takut sinar, pertumbuhan lambat,	Arai *et al*, 1972

japonica)	nafsu makan berkurang, malas bergerak	
Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Walking catfish (*Clarias batracus*)	Nafsu makan berkurang, pertumbuhan lambat, pendarahan pada kulit dan sirip, bertambahnya laju kematian.	Butthep *et al*, 1985
Asian seabass (*Lates calcarifer)*	Pergerakan lambat, takut cahaya, katarak, tubuh pendek, pertumbuhan dan efisiensi pakan serta kelangsungan hidup menurun, pewarnaan tubuh menjadi gelap.	Booyaratpalin & Wanakowat, 1991
Tilapia (*Oreochromis* sp)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, kaget terhadap sinar, kematian tinggi, katarak.	Lim *et al*, 1991
Shrimp (*Penaeus japonicus*)	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup pada benih menurun.	Kanazawa, 1985

Vitamin B6 (Piridoksin)

Piridoksin berperan dalam metabolisme asam amino, maka bila kekurangan vitamin ini akan mengalami gangguan pada metabolisme protein. Dalam metabolisme protein ada delapan reaksi yang memerlukan vitamin B6 yaitu reaksi transaminasi, reaksi decarboksilasi, reaksi dehydrasi, reaksi desulphurasi, reaksi racemisasi, reaksi cleavage, reaksi kondensasi, reaksi aldolase serta reaksi-reaksi lainnya.

Piridoksin di dalam usus diubah ke dalam bentuk piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat. Metabolisme piridoksin dimulai sejak vitamin ini masuk ke dalam organ atau jaringan tubuh dan akan diubah menjadi piridoksal fosfat dan piridoksamin fosfat sampai dikeluarkan lagi ke dalam berbagai bentuk untuk digunakan oleh jaringan lain atau dieksresikan. Transportasi vitamin ini di dalam tubuh diperantarai oleh enzim piridoksal kinase yang banyak terdapat pada semua jaringan terutama otak , hati dan ginjal.

Kebutuhan ikan akan vitamin B6 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 22. Apabila kandungan piridoksin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 23.

Tabel 22. Kebutuhan Vitamin B6 dalam pakan ikan

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensii
Common carp (*Cyprinus carpio*)	5,4	Ogino, 1965
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	3	Murai&Andrew, 1978
	10 - 15	Halver, 1972
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	10 – 15	Halver, 1972
Brown trout (*Salmo trutta*)	10 – 15	Halver, 1972
Brook trout (*Salvelinus fontinalis*)	10	Halver, 1972
	15 – 20	Hardy et al, 1979
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	10 – 15	Halver, 1980
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	5 – 6	Takeda&Yone, 1971
	1,25	Kissil *et al*, 1981
Atlantik salmon (*Salmo salar*)	5 - 10	Wanakowat et al, 1989
Red sea bream (*C.major*)	60	Deshimaru&Kuroki, 1979
Glithead bream (*Sparus auratus)*	120	
Asean seabass (*Lates calcarifer*)	80 - 100	Kanazawa, 1985
Penaeids (*Penaeus japonicus*) juvenil		He&Lawrence, 1991
Penaeids (*Penaeus japonicus*)larva		
Penaeids (*Penaeus vannamei*)		

Tabel 23. Tanda-tanda kekurangan riboflavin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Mudah terganggu, peka terhadap rangsangan, berkurangnya nafsu makan, awal rigor mortis yang cepat, ataxia, penimbunan cairan pada kantong perut, konstraksi overkulum yang berlebihan, berenang cepat dan tidak teratur, pewarnaan permukaan punggung hijau kebiruan, pewarnaan pada kulit, kurang darah dan bernafas dengan cepat.	McLaren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957,Kitamura *et al*, 1967,Poston et al,1977, Takeuchi et al, 1980, Hughes et al, 1981.
Common carp (*Cyprinus carpio)*	Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, sangat mudah terganggu	Ogino, 1965
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Nafsu makan menurun, sangat mudah terganggu, berenang tidak teratur, kejang, pewarnaan biru hijau pada permukaan punggung	Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978
Red sea bream (*C. major*)	Pertumbuhan lambat	Yone, 1975
Eel (A*nguila japonica*)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, sangat mudah terganggu.	Arai *et al*, 1972
Turbot (*S maximus*)	Pertumbuhan menurun.	Adron *et al*, 1978
Gilthead bream (*S*	Nafsu makan menurun, kematian tinggi, hyperirritability, berenang	Kissil *et al*, 1969

auratus)	tidak teratur, efisiensi pakan menurun.	
Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Yellowtail	Pertumbuhan menurun	Sakaguchi *et al*, 1983
Snakhead	Pertumbuhan menurun, ataxia, berenang tidak teratur, wedema, pewarnaan tidak normal, kebutaan, lensa kabur	Agrawal&Mahajan, 1983
Ikan lele (*Clarias batracus*)	Pertumbuhan lambat, peningkatan kematian, erosi pada sungut, sangat mudah terganggu, kehilangan keseimbangan, awal rigor mortis lebih cepat, berenang tidak teratur, pengikisan pada sirip dan rahang bawah, bernafas dengan cepat.	Butthep *et al*, 1985
Asian seabass (*Lates calcarifer)*	Nafsu makan menurun, berenang di permukaan tidak mau berkelompok, berenang seperti spiral tidak beraturan, luka pada bibir bawah, kematian tinggi, kekejangan pada otot tak sadar, penurunan konversi pakan.	Wankowat *et al*, 1989
Penaeid Shrimp (*Penaeus japonicus*)	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun	Deshimaru&Kuroki,1979, Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung piridoksin antara lain adalah khamir, biji-bijian misalnya jagung dan gandum. Piridoksin tidak stabil jika terkena sinar ultra violet karena vitamin ini mempunyai

spektrum absornas ultra violet yang khas dan sangat dipengaruhi oleh perubahan pH.

Vitamin B5 (Asam Pantotenat)

Asam pantotenat berperan dalam formasi koenzim A. Koenzim A adalah gabungan antara mercapto ethyl amine dengan phosphopanthothenic acid dan adenosin -3^1-5^1 diphosphat. Koenzim A ini berfungsi dalam metabolisme karbohidrat, protein dan lemak (Prawirokusumo, 1991). Asam pantotenat mudah diserap di dalam usus yang akan mengalami fosforilasi oleh ATP menjadi bentuk asam 4-fosfopantotenat.

Kebutuhan ikan akan vitamin B5 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 24. Apabila kandungan asam pantotenat dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 25.

Tabel 24. Kebutuhan Vitamin B5 dalam pakan

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensii
Common carp (*Cyprinus carpio*)	30 - 50	Ogino, 1965
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	15	Wilson *et al*, 1983
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	40 - 50	Halver, 1972
Brown trout (*Salmo trutta*)	40 – 50	Halver, 1972
Brook trout (*Salvelinus fontinalis*)	41 – 50	Halver, 1972
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	40 - 50	Halver, 1972
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	40 – 50	Halver, 1972
Red sea bream (*C.major*)	10	Yano *et al*, 1975
Mexican cichlid (C. *urophthalmtus)*	80	Chaves *et al*, 1990
Tilapia (*Oreochromis mossambicus*)	NR	Room *et al*, 1990
Shrimp (*Penaeus japonicus*)	NR	Kanazawa, 1985

Tabel 25. Tanda-tanda kekurangan asam pantotenat pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensii
Salmonids	Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan menurun, kurang darah, tutup insang berlendir, pergerakan lambat, operculum menggembung.	McLaren et al, 1974 Philips&Brockway, 1975, Halver 1957,Kitamura *et al*, 1967,Poston et al,1977, Coat & Halver, 1958.
Common carp (*Cyprinus carpio)*	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, pergerakan sangat lambat, kurang darah, pendarahan pada kulit, exophthalmia	Matsumoto *et al*, 1991 Ogino, 1967
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, pengikisan pada kulit, kurang darah	Dupree, 1966, Murai& Andrew, 1978
Red sea bream (*C. major*)	Pertumbuhan menurun, kematian tinggi	Yone, 1975, Yano *et al*, 1988
Eel (A*nguila japonica*)	Pertumbuhan lambat, berenang tidak normal, luka pada kulit	Arai *et al*, 1972
Ikan lele (*Clarias batracus*)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, kematian tinggi, sungut terkikis, pendarahan dibawah kulit, sirip rusak, oedema, bernafas cepat, insang dan hati pucat.	Butthep *et al*, 1985
Mexican cichlid (*C urophthalmus*)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, kematian tinggi, bernafas cepat, pewarnaan gelap, exophthalmia, pendarahan pada sirip dan kepala.	Chaves de Martinezl *et al*, 1990

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensii
Asian seabass (*Lates calcarifer)*	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, penurunan efisiensi pakan, pewarnaan gelap, berenang tidak normal, pendarahan pada operculum, pengikisan pada sirip pelvic.	Boonyaratpalin & Wanakowat, 1991
Prawn (*M.rosenbergii*)	Pertumbuhan menurun	Heinem, 1988

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung asam pantotenat antara lain adalah ragi bir kering, air susu, keju, keju dilaktose kering, telur yam, beras sosoh, tepung kacang tanah, tepung biji matahari, dedak gandum, tepung alfalfa dan gula tebu kering. Asam pantotenat dapat mengalami kerusakan mutu karena proses oksidasi dan suhu tinggi. Oleh karena itu penyimpanan dalam suhu dingin sangat dianjurkan . Dan selama proses pengolahan pakan dengan suhu yang tinggi vitamin ini akan mengalami kehilangan kandungannya karena pemanasan.

Biotin

Biotin berperan di dalam metabolisme sebagai fiksasi karbondioksida yang selanjutnya ditransfer ke substrat yang lain. Biotin yang berikatan dengan karbondioksida disebut dengan karboksibiotin. Biotin juga berperan dalam reaksi dalam pembentukan asam lemak, metabolisme beberapa asam amino dan metabolisme karbohidrat.

Kebutuhan ikan akan biotin ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 26. Apabila kandungan biotin

dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 27.

Tabel 26. Kebutuhan Biotin dalam pakan

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*)	1	Ogino *et al*, 1970
Common carp (*Cyprinus carpio*)	1 - 25	Guther & Meyer, 1990
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	< 1	Lovel & Buston, 1984
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	1 – 1,2	Halver, 1972
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	< 0,5	Walton *et al*, 1984
Brown trout (*Salmo trutta*)	1 – 1,2	Halver, 1972
Brook trout (*Salvelinus fontinalis*)	1,5 - 2	Halver, 1972
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	1 – 1,5	Halver, 1972
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	1 – 1,5	Halver, 1972
Lake trout (*S namaycush*)	0,05 – 0,251	Poston, 1976
Red sea bream (*C.major*)	NR	Yone, 1975
Larva udang (*Penaeus japonicus*)	> 4	Kanazawa, 1985

Tabel 27. Tanda-tanda kekurangan biotin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Berkurangnya nafsu makan, pertumbuhan menurun, kematian bertambah, efisiensi pakan menurun, luka pada colon, jaringan tidak tumbuh, kejang, insang pucat.	Philips&Brockway, 1975, Halver 1957,Kitamura *et al*, 1967, Coat & Halver, 1958, Poston & Page 1985
Common carp (*Cyprinus carpio)*	Pertumbuhan menurun, pergerakan menurun.	Ogino *et al*, 1970, Guther & M Burgdoff, 1990
Channel catfish	Tidak terjadi pewarnaan, kurang darah, nafsu makan	Robinson & Lovel, 1978, Lovel & Buston,, 1984

(*Ictalurus punctatus*)	menurun, pertumbuhan menurun, hypersinsiitifity	
Eel (A*nguila japonica*)	Pertumbuhan lambat, pewarnaan gelap, tingkah laku berenang tidak normal	Arai *et al*, 1972
Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Shrimp(*P japonicus*)	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung biotin antara lain adalah ragi bir kering, ragi torula kering, tepung biji bunga, telur ayam, beras sosoh, tepung hati dan paru, dedak padi, tepung biji kapas, tepung kacang tanah, tepung alfalfa, gandum, tepung darah kering, tepung ikan. Biotin juga bisa dalam bentuk alkohol yang disebut dengan biotimal dan dapat disintesis secara kimia dan mempunyai aktivitas biotin 100% (Tacon, 1991). Kandungan biotin dari bahan baku akan mudah hilang karena proses *leaching* (pencucian).

Asam Folat

Asam folat merupakan koenzim untuk beberapa sistem enzim. Di dalam tubuh asam folat berfungsi untuk mentransfer satu satuan karbon seperti gugus metil dimana unit-unit karbon ini akan dihasilkan selama metabolisme asam amino. Oleh karena itu asam folat berperan di dalam sintesis asam amino. Asam folat yang terdapat dalam bahan baku pakan biasanya dalam bentuk poliglutamat sedangkan asam folat yang dapat diserap oleh usus harus dalam bentuk monoglutamat. Oleh karena itu sebelum dapat diserap oleh usus, asam folat harus dihidrolisis terlebih dahulu. Hidrolisis berlangsung oleh adanya aktivitas enzim konjugase. Penyerapan asam folat dipengaruhi oleh efisiensi mekanisme

dekonjungase yaitu yeast. Kelebihan asam folat di dalam tubuh akan dibuang melalui urin.

Kebutuhan ikan akan asam folat ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 28. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 29.

Tabel 28. Kebutuhan Asam folat dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*)	NR	Aoe *et al*, 1969
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	0,5 - 1 1 – 5	Duchan& Lovel, 1991
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	6 – 10	McLaren *et al*, 1972
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	6 - 10	Halver, 1972
Brown trout (*Salmo trutta*)	6 – 10	Halver, 1972
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	6 – 10	Halver, 1972
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	5 – 10 NR	Halver, 1972 Halver, 1980
Atlantic salmon (*Salmo salar*)		Yone, 1975
Red sea bream (*C.major*)		

Tabel 29. Tanda-tanda kekurangan asam folat pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Kurang darah, pertumbuhan lambat, nafsu makan menurun, pewarnaan gelap, insang pucat, exophthalmia.	McLaren et al, 1947, Philips&Brockway,1957,Kitamura *et al*, 1967, Coat & Halver, 1958.
Eel (*Anguila*	Nafsu makan menurun,	Arai *et al*, 1972

japonica)	pertumbuhan lambat, pewarnaan gelap.	
Rohu (*Labeo rohita)*	Penurunan hematocrit, penurunan pertumbuhan	John & Mahajan, 1979
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Nafsu makan menurun, peningkatan kematian, lethargy, pertumbuhan menurun, hematocrit rendah.	Dupree, 1966, Duncan & Lovel,1991
Ikan lele (*Clarias batracus*)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, warna kulit memudar, insang dan hati pucat.	Butthep *et al*, 1985
Shrimp (*P japonicus*)	Penurunan kelangsungan hidup larva	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung asam folat antara lain adalah tepung ikan laut, susu, sayuran berdaun hijau tua, bunga kobis, kacang-kacangan dan gandum. Asam folat dapat berbentuk kristal folasin sebagai bentuk komersil yang banyak digunakan sebagai *food additive* untuk fortifikasi bahan makanan (Andarwulan dan Sutrisno, 1992).

Vitamin B12 (Cyanokobalamin)

Vitamin B12 disebut juga dengan cyanokobalamin karena berdasarkan struktur kimianya vitamin ini terdiri atas asam cobalt ditengah dengan tetra ring dari porphyrin. Gugus cyanide terdapat pada asam cobalt, karena itu disebut cyanokobalamin. Vitamin ini berperan dalam

penggunaan asam propionat. Kekurangan vitamin ini akan menyebabkan timbunan methyl-malonyl CoA dan akan dikeluarkan lewat urin dan disebut methyl-malonic aciduria.

Kebutuhan ikan akan vitamin B12 ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 30. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 31.

Tabel 30. Kebutuhan Vitamin B12 dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensii
Common carp (*Cyprinus carpio*)	NR	Hashimoto, 1953
Common carp (*Cyprinus carpio*)	NR	Kashiwada&Teshima,1966
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	NR	Limsuwan& Lovel, 1981
Tilapia (*O.niloticusi*)	NR	Lovel&Limsuwan, 1982
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	0,015-0,02	Halver, 1972
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	0,015-0,02	Halver, 1972

Tabel 31. Tanda-tanda kekurangan vitamin B12 pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, microcyctic hypochromic anemia, eritrocit pecah, efisiensi pakan rendah.	Halver, 1957, Philips *et al*, 1963

Channel catfish (*I.punctatus*)	Penurunan pertumbuhan, hematocrit rendah	Dupree,1966; Limsuwan & Lovell, 1981
Eel (*Anguila japonica*)	Pertumbuhan lambat	Arai *et al*, 1972
Red sea bream	Pertumbuhan lambat	Yone, 1975
Rohu (*Labeo rohita)*	Penurunan pertumbuhan, hematocrit rendah, megaloblastic	John & Mahajan, 1979
Shrimp (*P japonicus*)	Penurunan kelangsungan hidup larva	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung vitamin B12 antara lain adalah tepung ikan laut, udang, kepiting, oyster, scallop, tepung daging dan tulang.

Niasin (Asam nikotinat)

Niasin dapat juga disebut dengan vitamin B3 atau asam nikotinat yang berperan dalam reaksi enzimatik dalam tubuh. Asam nikotinat merupakan unsur dari dua buah koenzim, yaitu *Nikotinamid Adenin Dinukleotida* (NAD) dan *Nikotinamid Adenin Dinukleotida Fosfat* (NADP). NAD adalah koenzim bagi sejumlah enzim dehidrogenase yang berperanan dalam metabolisme lemak, karbohidrat dan asam amino. Sedangkan NADP berperan dalam reaksi hidrogenasi pada jalur *Heksosa Monofosfat* (HMP) dalam metabolisme glukosa. Bentuk tereduksi dari NADP mempunyai peranan penting dalam sintesis lemak dan steroid (Muchtadi dkk, 1993).

Kebutuhan ikan akan niasin ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 32. Apabila kandungan niasin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 33.

Tabel 32. Kebutuhan Niasin dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*)	28	Aoe *et al*, 1969
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	14	Murai& Andrews, 1978
	120 – 150	
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	10	Halver, 1972
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	120 - 150	Poston&Wolfe, 1985
Brown trout (*Salmo trutta*)	120 – 150	Halver, 1972
Brown trout (*Salmo fontinalis*)	150 – 200	Halver, 1972
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	150 – 200	Halver, 1972
Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*)	400	Halver, 1972
		Kanazawa, 1985
Shrimp (P.*japonicus*) larva		

Tabel 33. Tanda-tanda kekurangan niasin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Nafsu makan menurun, pertumbuhan lambat, penurunan efisiensi pakan, pewarnaan gelap, berenang tidak teratur, penimbunan cairan pada lambung.	McLaren et al, 1947, Philips&Brockway,1957,Kitamura *et al*, 1967, Coat & Halver, 1958, Poston & Wolfe,1985
Common carp (*Cyprinus*	Pendarahan pada kulit, kematian tinggi	Aoe, *et al*, 1966

carpio)		
Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	Pendarahan dan luka pada kulit dan sirip, kurang darah, exophthalmia, kematian tinggi	Dupree, 1966, Murai & Andrew,1979
Red sea bream	Pertumbuhan lambat	Yone, 1975
Eel (A*nguila japonica*)	Pendarahan dan luka pada kulit, penurunan pertumbuhan, ataxia, pewarnaan gelap	Arai *et al*, 1972
Ikan lele (*Clarias batracus*)	Nafsu makan menurun, pertumbuhan menurun, muscle spasms, kehilangan keseimbangan, pendarahan dibawah kulit dan sirip, exopthalmia, kematian tinggi, berenang tidak teratur.	Butthep *et al*, 1985
Shrimp (*P japonicus*)	Pertumbuhan dan penurunan kelangsungan hidup	Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung niasin antara lain adalah beras sosoh, ragi kering, dedak, dedak gandum, tepung biji bunga matahari, tepung kacang tanah, tepung hati dan paru, tepung jagung, tepung gandum (Tacon, 1991).

Inositol

Inositol disebut pula zat lipotropik yang berarti dibutuhkan untuk menghilangkan lemak dalam hati. Inositol berperan terutama sebagai komponen inositida pada hampir semua membran sel. Myoinositol merupakan komponen penting inositol yang mengandung phospholipid. Katabolisme inositol mungkin terjadi melalui reaksi glikolisis dan siklus Krebs (Kuksis dan Mookerjea, 1991).

Kebutuhan ikan akan inositol ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 34. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 35.

Tabel 34. Kebutuhan inositol dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*) Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Chinok salmon (*O.tshawytscha*) Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) Red sea bream (*C.major*) Shrimp (*Penaeus japonicus*) juvenil Shrimp (*Penaeus japonicus*)larva	440 NR 250 – 300 200 – 300 300 – 400 300 – 400 550 – 900 2000-4000 2000	Aoe *et al*, 1969 Burtle,1981 McLaren *et al*, 1947 Halver, 1972 Halver, 1972 Halver, 1972 Yone *et al*, 1971 Kanazawa, 1985 Kanazawa *et al*, 1985

Tabel 35. Tanda-tanda kekurangan inositol pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Pertumbuhan menurun, distended abdomen, warna gelap, peningkatan waktu pengosongan lambung.	Mc Laren *et al*, 1947,Halver, 1957, Philips &Brockway, 1957, Coates & Halver, 1958.
Common carp (*Cyprinus carpio*)	Penurunan pertumbuhan, kulit dan sirip luka/pendarahan, kehilangan mucosa kulit	Aoe&Masuda, 1967
Red sea bream	Pertumbuhan menurun	Yone, 1975
Eel (A*nguila japonica*)	Nafsu makan dan pertumbuhan menurun.	Arai *et al*, 1972
Shrimp (*P japonicus*)	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun	Kanazawa *et al*, 1976, Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung inositol antara lain adalah tepung ikan, ragi bir kering, benih gandum.

Kolin

Kolin adalah basa ammonium bervalensi empat dan tersebar luas di alam, produk degradasinya seperti betain (garam karboksi metil trimetil ammonium hidroksida. Menurut Halver (1988) peran dan fungsi dari kolin antara lain adalah komponen utama dalam fosfolipid dalam membran sel dan lipoprotein serum (pengemulsi), donor asam lemak untuk kolesterol dalam pengelolaan LDL, sumber grup metil untuk sintesis metionin dan substrat untuk pembentukan neurotransmitter, asetil kolin.

Kebutuhan ikan akan kolin ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 36. Apabila kandungan biotin dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 37.

Tabel 36. Kebutuhan kolin dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*) Channel catfish (*Ictalurus punctatus*) Rainbow trout (*Salmo gairdneri*) Lake trout (*Salmo nemaycush*) Chinok salmon (*O.tshawytscha*) Coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) Red sea bream (*C.major*) Stureon (*A. transmontanus*) Tilapia (*T.aurea*) Shrimp (*Penaeus japonicus*) juvenil Shrimp (*Penaeus japonicus*)larva	4000 400 774 - 813 1000 600 – 800 600 – 800 500 1700 – 3100 NR 600 6000	Ogino *et al*, 1970 Wilson & Poe,1988 Rumsey, 1991 Ketola, 1976 Halver, 1972 Halver, 1972 Yone *et al*, 1988 Hung, 1989 Roem *et al*, 1990 Kanazawa, 1985 Kanazawa *et al*, 1985

Tabel 37. Tanda-tanda kekurangan kolin pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Pertumbuhan menurun, hati banyak mengandung lemak, efisiensi pakan menurun, pendarahan pada ginjal dan usus	Mc Laren *et al*, 1947,Halver, 1957, Philips &Brockway, 1957, Coates & Halver, 1958, Ketola,1976, Poston, 1990, Rumsey, 1991
Common carp (*Cyprinus carpio*)	Pertumbuhan menurun dan hati banyak mengandung lemak	Ogino *et al*, 1970
Channel catfish	Penurunan	Dupree, 1976,

(*I. punctatus*)	pertumbuhan, pendarahan pada ginjal dan usus	Wilson&Poe, 1988
Red sea bream (C. *major*)	Pertumbuhan menurun, kematian	Yone, 1975, Yano *et al*, 1988
Eel (A*nguila japonica*)	Nafsu makan dan pertumbuhan menurun	Arai *et al*, 1972
Sturgeon (*A.transmontanus*)	Pertumbuhan menurun, penyerapan lemak pada hati	Rumsey, 1991
Shrimp (*P japonicus*)	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun	Kanazawa *et al*, 1976, Kanazawa, 1985

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung kolin antara lain adalah tepung udang, tepung hati, tepung biji matahari, tepung paru, tepung ikan , tepung benih gandum, tepung ikan putih , tepung biji kapas, tepung kedelai, tepung tulang, tepung kacang tanah (Tacon, 1991).

Vitamin C (asam askorbat)

Vitamin C atau asam korbat mempunyai dua bentuk yaitu bentuk oksidasi disebut L dehydro ascorbic acid dan bentuk reduksi yang disebut L ascorbic acid. Vitamin C sangat penting bagi pertumbuhan semua hewan karena berperan pada banyak sistem metabolisme enzim. Hasil penelitian dari Boonyaratpalin et al (1993), vitamin C sangat berperan dalam pembentukan hydroksiprolin (penyusun kolagen). Dimana kolagen ini terdiri dari hydroksi prolin dan hydroksiprolin. Bersama-sama dengan ATP dan Mg Cl_2 merupakan kofaktor dalam menghambat adipose tissue lipase dan memacu hydrolitik deaminasi dari peptida atau protein sehingga berperan dalam proses *aging* yaitu membuat jaringan lebih

tahan lama dari proses pelapukan. Selain itu vitamin C dapat meningkatkan respon netrofil terhadap kemotoksis dan meningkatkan proliferosi limfosit sebagai respon terhadap nitrogen serta peningkatan aktivitas netrofil terhadap endotoksin. Gejala defisiensi vitamin C pada ikan disebabkan oleh rusaknya kolagen dan jaringan penunjang. Kolagen merupakan protein pada ikan dan konsentrasinya tinggi ditemukan pada kulit dan tulang (Sandness, 1991).

Kelebihan vitamin C dalam tubuh akan dimetabolisme selanjutnya dieksresikan melalui urin. Dengan demikian di dalam urin terdapat sejumlah metabolit-metabolit asam askorbat dan yang telah teridentifikasi antara lain adalah asam dehidro askorbat, asam diketogulonat askorbat-2-sulfat, metil askorbat serta 2-keto-askorbitol (Muchtadi dkk, 1993).

Kebutuhan ikan akan vitamin C ini berbeda-beda seperti yang telah dirangkum oleh Tacon (1991) pada Tabel 38. Apabila kandungan viatamin C dalam pakan berkurang maka akan menyebabkan gejala-gejala penyakit seperti yang tertera pada Tabel 39.

Tabel 38. Kebutuhan vitamin C dalam pakan Ikan (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Kandungan (mg/kg)	Referensi
Common carp (*Cyprinus carpio*)	NR	Sato *et al*, 1978
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	60	Wilson & Poe, 1973
	60	Lovel & Lim, 1978
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	880	Lovell, 1973
	25 – 50	Andrew & Murray, 1974
Channel catfish (*Ictalurus punctatus*)	NR	Launer *et al*, 1978
	11	Lovell & Naggar, 1989

Channel catfish (*Ictalurus*	1250	Soliman *et al*, 1986
punctatus)	100 – 150	Halver, 1972
Channel catfish (*Ictalurus*	40	Hilton *et al*, 1978
punctatus)	50 – 100	Sato *et al*, 1982
Channel catfish (*Ictalurus*	20 – 264	Dabowski *et al*, 1990
punctatus)	210	Sato *et al*, 1991
Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*)	10	Cho & Cowey, 1991
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	100 – 150	Halver, 1972
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	50 – 80	Halver, 1972
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	50	Lall *et al*, 1989
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	10 – 20	Sandness *et al*, 1991
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	30	Kanazawa *et al*, in press
Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)	700 – 1100	Boonyaratpalin *et al*,
Chinok salmon (*O.tshawytscha*)	40 – 110	1989
Coho salmon (*Oncorhynchus*	60 – 100	Chaves de Martinez,
kisutch)	200	1990
Atlantic salmon (*Salmo salar*)	50 – 100	Tesima *et al*, 1991
Atlantic salmon (*Salmo salar*)	10.000	Rosenlund *et al*, 1990
Yellow tail (*S quinqueradiata*)	3000	Moncreiff *et al*, 1991
Asean sea bass (*Lates calcarifer)*	1000	Guary *et al*, 1976
Mexican cichlid (*C urophthalmus*)	215- 430	Deshimaru & kuroki,
Flounder (*Paralichthys olivaceus*)	100	1976
Plaice (*Pleuronectes platessa*)	10.000	Lightner *et al*, 1979
Prawn (*Macrobrachium*		Shigueno&itoh, 1988
rosenbergii)		Kanazawa, 1985
Shrimp (*Penaeus japonicus*)		Lawrence& He, 1991
juvenile		
Shrimp (*Penaeus japonicus*)		
juvenil		
Shrimp (*Penaeus japonicus*)		
juvenil		
Shrimp (*Penaeus japonicus*)		
juvenil		
Shrimp (*Penaeus vannamei*)		
juvenil		
Shrimp (*Penaeus japonicus*)larva		

Tabel 39. Tanda-tanda kekurangan inositol pada ikan budidaya (Tacon, 1991)

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Salmonids	Pertumbuhan menurun, scoliosis, lordosis, pendarahan pada sirip bagian dalam, warna gelap, kematian meningkat, penurunan daya tetas telur.	Mc Laren *et al*, 1947,Halver, 1989, Philips &Brockway, 1957, Coates & Halver, 1958 Kitamura *et al*, 1967, Hilton *et al*, 1978, Sato *et al*, 1991
Channel catfish (*I punctatus*)	Penurunan pertumbuhan, scoliosis, lordosis, pendarahan bagian dalam dan luar, erosi pada sirip, kulit berwarna gelap, nafsu makan menurun, berenang tidak teratur.	Lovell,1973, Andrew&Murai, 1974, Lovel&Lim, 1973, Wilson&Poe, 1973, Lim&lovell, 1978, Wilson *et al*, 1989.
Red sea bream	Pertumbuhan menurun	Yone, 1975
Eel (*Anguila japonica*)	Pertumbuhan menurun, erosi pada sirip, erosi pada rahang bawah	Arai *et al*, 1972
Snakehead (C.*punctata*)	Scoliosis, lordosis, kurang darah, filamen insang berubah.	Mahajan & Agrawal, 1979.
Tilapia	Scoliosis, lordosis, pertumbuhan menurun, pendarahan pada bagian dalam dan luar, erosi pada sirip ekor, exophthalmia, kurang darah, daya tetas telur menurun.	Soliman *et al*, 1986
Ikan lele (*C batracus)*	Scoliosis, pendarahan pada bagian luar, erosi pada sirip, warna kulit gelap	Butthep *et al*, 1985

Jenis ikan	Tanda-tanda	Referensi
Indian major carp	Pertumbuhan menurun, kematian meningkat, scoliosis lordosis, hypochromic macrocytic anemia	Agrawal & Mahajan, 1980
Turbot (*S maximus*)	Pertumbuhan menurun, renal granuloma, kematian	Baudin-Laurence *et al*, 1989, Coustans *et al*, 1990, Gouillou *et al*, 1991
Plaice	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun	Rosenlund *et al*, 1990
Asian seabass (*Lates calcarifer*)	Pertumbuhan menurun, pewarnaan gelap, kehilangan keseimbangan, erosi pada sirip ekor, pendarahan pada insang, exophthalmia, badan pendek, filamen insang rusak	Boonyaratpalin *et al*, 1989
Mexican Cichlid	Pertumbuhan menurun, kematian tinggi, pewarnaan gelap, pendarahan pada mata, erosi pada kepala dan sirip, exophthalmia, scoliosis lordosis, iritasi, perubahan tulang kepala	Chevas de Martinez, 1990
Udang galah	Pertumbuhan dan kelangsungan hidup menurun	Heinen, 1988, Moncreiff *et al*, 1991
Shrimp (*P japonicus*)	Gejala kematian dengan tanda-tanda hitam, efisiensi pakan dan pertumbuhan serta kelangsungan hidup menurun	Kanazawa, 1985, Guary,1976, Lightener et al, 1970, Shigueno&Itoh, 1988, Lawrence & He, 1991

Sumber bahan pakan yang banyak mengandung vitamin C antara lain adalah lobster, kepiting dan sebagian besar terutama terdapat pada sayuran dan buah-buahan. Vitamin C merupakan vitamin yang paling mudah rusak dan sangat larut dalam air. Disamping itu vitamin C mudah teroksidsi bila dalam keadaan alkalis, suhu tinggi, terkena sinar matahari dan logam berat seperti seng, besi dan terutama tembaga. Oleh karena itu agar vitamin C yang terdapat dalam bahan pakan terjaga harus dihindari dari hal-hal tersebut diatas.

M**ineral**

Mineral merupakan unsur anorganik yang dibutuhkan oleh organisme perairan (ikan) untuk proses hidupnya secara normal. Ikan sebagai organisme air mempunyai kemampuan untuk menyerap beberapa unsur anorganik ini, tidak hanya dari makanannya saja tetapi juga dari lingkungan. Jumlah mineral yang dibutuhkan oleh ikan adalah sangat sedikit tetapi mempunyai fungsi yang sangat penting. Dalam penyusunan pakan buatan mineral mix biasanya ditambahkan berkisar antara 2 – 5% dari total jumlah baha baku dan bervariasa bergantung pada jenis ikan yang akan mengkonsumsinya. Walaupun sangat sedikit yang dibutuhkan oleh ikan, mineral ini mempunyai fungsi yang sangat utama dalam tubuh ikan antara lain adalah :

- Merupakan bagian terbesar dari pembentukan struktur kerangka, tulang, gigi dan sisik.
- Mineral tertentu dalam bentuk ion di dalam cairan tubuh dapat berperan untuk mempertahankan keseimbangan asam basa serta regulasi pH dari darah dan cairan tubuh lainnya.
- Adanya keterlibatan mineral dalam kerja sistem syaraf dan konstraksi otot

- Merupakan komponen penting dalam hormon, vitamin, enzim dan pigmen pernafasan atau sebagai kofaktor dalam metabolisme, katalis dan enzim aktivator.
- Berperan dalam pemeliharaan tekanan osmotik dan juga mengatur pertukaran air dan larutan dalam tubuh ikan.

Berdasarkan banyaknya fungsi mineral dalam kehidupan ikan, maka mineral merupakan salah satu bahan yang harus ada dalam komposisi pakan ikan. Dan unsur mineral ini sangat essensial bagi kehidupan hewan, ikan dan udang. Unsur mineral essensial ini biasanya diklasifikasikan menjadi dua grup berdasarkan konsentrasinya di dalam tubuh ikan, yaitu: mineral makro dan mineral mikro. Mineral makro adalah mineral yang konsentrasinya dalam tubuh organisme dibutuhkan dalam jumlah besar (lebih dari 100 mg/kg pakan kering), yaitu Calsium (Ca), Magnesium (Mg), Sodium (Na), Potassium (K), Phosphorus (P), Chlorine (Cl) dan Sulphur (S).

Mineral mikro adalah mineral yang konsentrasinya dalam tubuh setiap organisme dalam jumlah sedikit (kurang dari 100 mg/kg pakan kering),yaitu : Besi (Fe), Tembaga (Cu), Mangan (Mn), Seng (Zn), Cobalt (Co), Molybdenum (Mo), Cromium (Cr), Selenium (Se), Fluorine (F), Iodine/Iodium (I), Nickel (Ni) dan lain-lain.

Nutrisi mineral pada ikan merupakan salah satu paling sedikit mengenai area nutrisi ikan. Seperti nutrien lain, ikan dapat memperoleh sejumlah mineral yang penting dari lingkungan eksternal mereka, sehingga agak sukar untuk mengendalikan masukan mineral pada ikan. Walaupun ikan dapat memperoleh mineral banyak orang dari air, mineral yang

dilengkapi dalam makanan dapat meningkatkan pertumbuhan, survival dan kesehatan.

Setelah mempelajari berbagai macam zat-zat nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan dan biota air lainnya, siswa SMK harus juga memahami prinsip dasar tentang pengetahuan zat gizi tersebut. Prinsip dasar kebutuhan zat gizi dalam membuat pakan buatan yang dipahami antara lain adalah :

1. Protein, kebutuhannya berkisar antara 20 – 60%. Untuk ikan-ikan laut biasanya kebutuhan protein cukup tinggi karena merupakan kelompok ikan karnivora yaitu berkisar antara 30 – 60%. Sumber protein dapat diperoleh dari hewani atau nabati tetapi untuk ikan laut lebih menyukai sumber protein diambil dari hewani.
2. Lemak, kebutuhannya berkisar antara 4-18%. Sumber lemak/lipid biasanya adalah :
   - Hewani : lemak sapi, ayam, kelinci, minyak ikan
   - Nabati : jagung, biji kapas, kelapa, kelapa sawit, kacang tanah, kacang kedelai
3. Karbohidrat, terdiri dari serat kasar dan Bahan Ekstrak Tanpa Nitrogen (BETN), kebutuhannya berkisar antara 20 – 30%. Sumber karbohidrat biasanya dari nabati seperti jagung, beras, dedak, tepung terigu, tapioka, sagu dan lain-lain. Kandungan serat kasar kurang dari 8% akan menambah struktur pellet, jika lebih dari 8% akan mengurangi kualitas pellet ikan.
4. Vitamin dan mineral, kebutuhannya berkisar antara 2–5%
5. Jumlah keseluruhan bahan baku dalam menyusun formulasi pakan ikan ini harus 100%.

Prinsip-prinsip tersebut akan diaplikasikan pada semester dua, pada saat akan membuat formulasi pakan sesuai dengan peruntukkannya.

e. Rangkuman

Zat-zat nutrisi yang terdapat pada bahan baku untuk pembuatan pakan sangat menentukan kandungan nutrisi dari pakan ikan yang akan dibuat. Zat nutrisi sebagai sumber energi pada ikan terdapat kandungan protein, karbohidrat dan lipid yang terdapat pada bahan baku. Pengetahuan tentang zat gizi ini sangat dibutuhkan untuk menyusun formulasi pakan sesuai dengan kebutuhan ikan berdasarkan stadia. Protein dalam pakan ikan akan saling keterkaitan dengan zat nutrien lainnya, misalnya protein bersama dengan mineral dan air merupakan bahan baku utama dalam pembentukan sel-sel dan jaringan tubuh. Protein bersama dengan vitamin dan mineral ini berfungsi juga dalam pengaturan suhu tubuh, pengaturan keseimbangan asam basa, pengaturan tekanan osmotik cairan tubuh serta pengaturan metabolisme dalam tubuh. Oleh karena itu ikan yang dibudidayakan harus memperoleh asam amino dari protein makanannya secara terus menerus yang sangat diperlukan bagi pertumbuhan sel dan pembentukan jaringan tubuhnya. Melalui sistem peredaran darah, asam amino ini diserap oleh seluruh jaringan tubuh yang memerlukannya. Pertumbuhan somatik, pertumbuhan kelanjar reproduksi, perkembangan dan pembangunan jaringan baru ataupun perbaikan jaringan yang rusak selalu membutuhkan protein secara optimal yang terutama diperoleh dari asam-asam amino essensial yang bersumber dari pakan ikan yang dikonsumsi, serta kandungan karbohidrat dan kandungan lipid.

3. Tugas

a. Buatlah paper tentang macam-macam zat nutrisi yang dibutuhkan oleh ikan

b. Buatlah paper tentang pakan buatan dengan kebutuhan nutrient sesuai stadia ikan

c. Buatlah paper tentang berbagai macam kebutuhan nutrien bahan baku pakan

4. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan memilih salah satu jawaban yang paling tepat !

1. Apakah yang dimaksud dengan pakan buatan?
   A. Pakan ikan yang di buat
   B. Pakan yang dibuat sesuai kebutuhan ikan
   C. Pakan yang dicampur dan dibuat
   D. Pakan yang dibudidayakan manusia

2. Kriteria utama dalam membuat pakan buatan adalah:
   A. Protein sesuai kebutuhan ikan
   B. Karbohidrat sesuai kebutuhan ikan
   C. Lipid sesuai kebutuhan ikan
   D. Lemak sesuai kebutuhan ikan

3. Bentuk pakan buatan yang diberikan pada larva ikan lele pada awal setelah menetas adalah:
   A. Pellet apung
   B. Remahan

C. Emulsi kuning telur

D. Pellet tenggelam

4. Dalam usaha budidaya ikan secara intensif dibutuhkan pakan buatan dalam bentuk apakah agar tidak banyak pakan yang terbuang?.

A. Pellet apung

B. Remahan

C. Emulsi kuning telur

D. Pellet

5. Berdasarkan kandungan air yang dikandung dalam pakan ikan , maka jenis pakan yang mengandung kadar air berkisar antara 20-40% adalah:

A. Pakan basah

B. Pakan kering

C. Pakan lembab

D. Pakan apung

6. Pakan buatan yang diberikan pada budidaya ikan secara intensif berdasarkan komposisi bahan baku yang digunakan adalah:

A. Pakan tambahan

B. Pakan lengkap

C. Pakan suplemen

D. Pakan kering

7. Mengapa kadar protein dalam pakan ikan harus diperhatikan sebagai komponen utama dalam menyusun formulasi pakan?

A. Membentuk elastisitas membran sel

B. Membantu konstraksi otot

C. Memperbaiki sel dan jaringan yang rusak

D. Merupakan komponen utama pembentukan tulang

8. Asam amino yang harus ditambahkan dalam pembuatan pakan karena tubuh ikan tidak dapat mensintesisnya adalah:

A. Asam amino essensial

B. Asam amino non essensial

C. Asam amino biologis

D. Asam amino

9. Protein yang pada saat dihidrolisis hanya menghasilkan asam amino-asam amino dan derivat-derivatnya adalah:

A. Protein komplek

B. Protein sederhana

C. Protein asal

D. Protein gabungan

10. Jenis asam amino essensial yang dibutuhkan oleh ikan antara lain adalah:

A. Alanin, Aspargin, Serin

B. Glutamin, Cystein, Prolin

C. Valin, Threonin, Methionin

D. Serin, Glysin, Glutamin

11. Asam amino yang berperan penting pada biosintesis urea adalah:

A. Arginin

B. Histidin

C. Serin

D. Glysin

12. Kekurangan asam amino ini dapat menyebabkan penyakit katarak pada ikan *rainbow trout* yaitu:
    A. Arginin
    B. Methionin
    C. Histidin
    D. Prolin

13. Kebutuhan asam amino essensial pada ikan kelompok *catfish* antara lain adalah:
    A. Arg 6,5, His 1,8, Leu 3,8
    B. Arg 6,0, His 1,8, Leu 3,8
    C. Arg 6,0, His 1,6, Leu 4,0
    D. Arg 4,3, His 1,5, Leu 3,5

14. Perhitungan Protein Effisiensi Ratio merupakan salah satu parameter untuk mengetahui mutu protein secara...
    A. Fisika
    B. Kimia
    C. Biologi
    D. Nutrisi

15. Kandungan protein yang optimal pada pakan buatan untuk ikan nila sebaiknya adalah:
    A. 26-28 %
    B. 28-30 %
    C. 30-32 %
    D. 32-34 %

16. Jika unsur nutrisi ini tidak terdapat pada bahan baku pakan maka akan terjadi penurunan laju pertumbuhan dan retensi protein adalah:
    A. Protein
    B. Karbohidrat
    C. Lipid
    D. Lemak

17. Bentuk karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang sederhana lagi adalah:
    A. Monosakarida
    B. Disakarida
    C. Polisakarida
    D. Tetrasakarida

18. Sumber energi yang paling mudah diserap di dalam sel dan masuk ke dalam darah adalah:
    A. Sukrosa
    B. Glukosa
    C. Maltosa
    D. Hexosa

19. Bentuk polisakarida yang banyak terdapat dalam bahan baku pakan antara lain adalah:
    A. Xylolosa
    B. Dextrin
    C. Glukosa
    D. Maltosa

20. Kecernaan karbohidrat pada ikan dapat dihitung dengan mengetahui :

    A. Rasio amilopektin
    B. Rasio amilosa
    C. Rasio amilosa/amilopektin
    D. Rasio amilopektin/amilosa

21. Kebutuhan optimum karbohidrat dalam pakan ikan laut antara lain adalah:

    A. 0-10 %
    B. 10-20%
    C. 20-30%
    D. 30-40%

22. Senyawa organik yang tidak dapat larut dalam air tetapi dapat diekstraksi dengan pelarut nonpolar adalah:

    A. Protein
    B. Karbohidrat
    C. Lipid
    D. Serat kasar

23. Jika kandungan nutrisi dalam pakan kekurangan lipid maka ikan akan mengalami gejala antara lain adalah:

    A. Memperbaiki jaringan yang rusak
    B. Memperbaiki integritas membran yang hidup
    C. Meningkatkan pertumbuhan
    D. Membantu kontraksi otot

24. Kelompok lipid yang jika dihidrolisis akan menghasilkan asam lemak dan alkohol adalah:
    A. Lipid sederhana
    B. Lipid kompleks
    C. Lipid lengkap
    D. Derivat lipid

25. Asam lemak essensial (EFA) yang sangat dibutuhkan dalam pakan ikan agar terjadi peningkatan pertumbuhan adalah:
    A. Asam lemak oleat dan asam lemak linolenat
    B. Asam lemak oleat dan asam lemak linoleat
    C. Asam lemak linolenat dan asam lemak linoleat
    D. Asam lemak oleat dan asam lemak eicosapentanoat

26. Kebutuhan asam lemak dalam komposisi pakan ikan sebaiknya adalah:
    A. 0,5-1,0%
    B. 1,0-1,5%
    C. 1,5-2,0%
    D. 2,0-2,5%

27. Senyawa organik dengan berat molekul yang rendah dan komposisi fungsi yang beragam untuk makhluk hidup serta tidak dapat disintesis oleh tubuh adalah:
    A. Mineral
    B. Vitamin
    C. Lipid
    D. Karbohidrat

28. Senyawa anorganik yang sangat dibutuhkan untuk pembentukan tulang dan sisik adalah:

A. Mineral

B. Vitamin

C. Lipid

D. Karbohidrat

29. Vitamin yang larut dalam air antara lain adalah:

A. Vitamin A

B. Vitamin C

C. Vitamin D

D. Vitamin E

30. Kebutuhan ikan terhadap mineral biasanya berkisar antara yaitu:

A. 2-5%

B. 5-7%

C. 7-9%

D. 9-11%

3. Kunci Jawaban Tes Formatif

No.	Jawaban	No.	Jawaban
1.	B	16.	B
2.	A	17.	A
3.	C	18.	B
4.	A	19.	B
5.	C	20.	C
6.	B	21.	B
7.	C	22.	C
8.	A	23.	B
9.	B	24.	A
10.	C	25.	C
11.	A	26.	A
12.	B	27.	B

13.	D	28.	A
14.	C	29.	D
15.	B	30.	A

4. Lembar Kerja Peserta Didik

Judul : Mengidentifikasi zat nutrisi pada bahan baku

Waktu : 9 jam

Pendahuluan

Zat-zat nutrisi yang dibutuhakan bagi pertumbuhan ikan adalah protein, karbohidrat dan lipid. Kandungan nutrisi dari bahan baku pakan kan menentukan kualitas atau mutu pakan tersebut. Pakan buatan dapat dibuat secara terkontrol sesuai dengan kebutuhan produksi, karena pakan buatan ini akan digunakan sebagai pakan untuk stadia awal pada suatu usaha budidaya , pendederan maupun pembesaran dan pemeliharaan induk. Langkah awal yang harus dilakukan adalah mengetahui zat-zat nutrisi yang terkandung pada bahan baku pakan, misalnya tepung ikan yang akan dibuat pakan ikan.

Tujuan

Peserta diklat diharapkan mampu melakukan identifikasi zat-zat nutrisi bahan baku pakan buatan jika disediakan peralatan, bahan dan wadahnya sesuai dengan persyaratan teknis.

Alat dan bahan

- Tepung ikan
- Peralatan analisa proksimat
- Bahan sesuai prosedur
- ATK

Keselamatan kerja

- Kenakan pakaian praktek dan gunakan sarung tangan jika memegang bahan-bahan yang bersifat keras.
- Hati-hati dalam menggunakan peralatan listrik dan melakukan kegiatan .

Pengukuran Kadar Air dengan Metode Gravimetri

Prinsip : Air akan menguap seluruhnya jika bahan makanan dipanaskan pada suhu 105 – 110 ^{o}C.

Peralatan :

- Botol timbang bertutup/cawan
- Dessiccator/Eksikator
- Oven
- Neraca analitik

Langkah Kerja 1 :

1. Cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 105 – 110^{o} C selama 1jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang (x_1).
2. Timbang bahan/contoh yang telah dihaluskan sebanyak 2 – 3 gram (a) lalu dimasukkan ke dalam cawan X_1 .
3. Cawan dan bahan dipanaskan dalam oven selama 4 – 6 jam pada suhu 105 – 110^{o} C, dinginkan dalam eksikator kemudian timbang, lakukan pemanasan kembali dalam oven selama 30 menit, dinginkan dalam eksikator dan timbang, lakukan hal tersebut sampai tercapai berat yang konstan (selisih penimbangan berturut-turut kurang dari 0,02 gram).
4. Hitunglah persentase kadar air bahan yang dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar air (\%)} = \frac{(X_1 + a) - X_2}{a} \times 100\%$$

Langkah Kerja SNI :

1. Timbang dengan seksama 1-2 g cuplikan pada sebuah botol timbang bertutup yang sudah diketahui bobotnya (W1).
2. Keringkan pada oven suhu 105 °C selama 3 jam
3. Dinginkan dalam eksikator
4. Timbang (W), ulangi pekerjaan ini hingga diperoleh bobot tetap

Perhitungan :

$$\text{Kadar air} = \frac{W}{W1} \times 100\%$$

Pengukuran Kadar Abu dengan Metode Gravimetri

Prinsip ; Bahan makanan jika dilakukan pemanasan di dalam tanur listrik yang bersuhu 600 °C, maka zat-zat organik akan diuraikan menjadi air dan CO_2 yang tertinggal hanya bahan anorganik yaitu abu.

Peralatan :

- Cawan porselen
- Tanur listrik
- Neraca analitik
- Dessicator/eksikator

Langkah Kerja 1 :

1. Cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 105 – 110 °C selama 1jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang (X_1).
2. Timbang bahan/contoh yang kering sebanyak 2 – 3 gram (a) lalu masukkan ke dalam cawan X_1.
3. Masukkan cawan dan bahan ke dalam oven pengabuan/tanur dengan cara dipanaskan dengan suhu 550 – 600 °C sampai menjadi abu dan berwarna putih (selama 3 – 6 jam).
4. Dinginkan dalam eksikator selama 15 menit dan timbang cawan dan abu tersebut (X_2).
5. Hitunglah persentase kadar abu bahan yang dapat diperoleh dengan rumus sebagai berikut :

$$\text{Kadar Abu (\%)} = \frac{X_2 - X_1}{a} \times 100\%$$

Langkah kerja SNI :

1. Timbang dengan seksama 2-3 g contoh ke dalam cawan porselen yang telah diketahui bobotnya
2. Arangkan di atas nyala pembakar, lalu abukan dalam tanur listrik pada suhu maksimum 550 °C sampai pengabuan sempurna (sekali-kali pintu tanur dibuka sedikit, agar oksigen bisa masuk)
3. Dinginkan dalam eksikator, lalu timbang sampai bobot tetap

Perhitungan :

$$\text{Kadar abu} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100\%$$

W : Bobot contoh sebelum diabukan dalam gram

W1 : Bobot contoh + cawan sesudah diabukan dalam gram

W2 : Bobot cawan kosong dalam gram

Pengukuran Kadar Lemak dengan Metode Soxhlet

Prinsip : Bahan makanan yang larut di dalam petrelium eter, atau ekstraksi lemak bebas dengan pelarut non polar

Peralatan :

- Kertas saring
- Labu lemak
- Alat soxhlet
- Pemanas listrik
- Oven
- Neraca analitik
- Kapas bebas lemak
- Pereaksi : hexane atau pelarut lemak lainnya

Langkah kerja 1 :

1. Panaskan cawan labu dalam oven pada suhu 105 – 110 ^{o} C selama satu jam, dinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan timbang (X_1).
2. Timbang bahan/contoh sebanyak 2 – 5 gram (bahan sebaiknya dalam bentuk halus dan kering), dan dibungkus dengan kertas saring/kertas filter dalam bentuk silinder (a).
3. Masukkan selongsong kertas filter ke dalam tabung ekstraksi dan diberi pemberat serta dihubungkan dengan kondensor/pendingin

4. Pasanglah tabung ekstraksi pada alat destilasi Soxhlet dengan pelarut petroleum ether/petroleum benzena/hexana sebanyak 150 ml yang dimasukkan ke dalam soxhlet sampai kertas saring tersebut terendam dan sisa larutan dimasukkan ke dalam labu.
5. Panaskan cawan labu yang dihubungkan dengan soxhlet di atas water bath sampai cairan dalam soxhlet terlihat bening. Pemanasan ini berlangsung selama 2 – 4 jam, apabila setelah 4 jam ekstraksi belum sempurna pemanasan dapat dilanjutkan selama 2 jam lagi.
6. Lepaskan labu dari soxhlet dan tetap dipanaskan di atas water bath untuk menguapkan semua petroleum ether dari cawan labu.
7. Cawan labu dipanaskan dalam oven pada suhu 105 – 110 ^{o}C selama 15 –60 menit, kemudian didinginkan dalam eksikator selama 10 menit dan ditimbang. Ulangi prosedur ini sampai diperoleh berat yang stabil (X_2).
8. Hitunglah persentase kadar lemak bahan/contoh dengan persamaan sebagai berikut ;

$$\text{Kadar Lemak (\%)} = \frac{X_2 - X_1}{a} \times 100\%$$

Langkah kerja SNI :

1. Timbang seksama 1-2 g contoh, masukkan ke dalam selongsong kertas yang dialasi dengan kapas
2. Sumbat selongsong kertas berisi contoh tersebut dengan kapas, keringkan dalam oven pada suhu tidak lebih dari 80 ^{o}C selama lebih kurang satu jam, kemudian masukkan ke dalam alat soxhlet yang telah dihubungkan dengan labu lemak berisi batu didih yang telah dikeringkan dan telah diketahui bobotnya

3. ekstrak dengan heksana atau pelarut lemak lainnya selama lebih kurang 6 jam
4. Sulingkan heksana dan keringkan ekstrak lemak dalam oven pengering pada suhu 105oC
5. Dinginkan dan timbang
6. Ulangi pengeringan ini hingga tercapai bobot tetap

Perhitungan ;

$$\% \text{ Lemak} = \frac{W - W1}{W2} \times 100\%$$

W : bobot contoh dalam gram

W1 : bobot lemak sebelum ekstraksi dalam gram

W2 : bobot labu lemak sesudah ekstraksi

Pengukuran Kadar Lemak dengan Metode Weibull

Prinsip : ekstraksi lemak dengan pelarut non polar setelah contoh dihidrolisis dalam suasana asam untuk membebaskan lemak yang terikat.

Peralatan :

- Kertas saring
- Kertas saring pembungkus (Thimle)
- Labu lemak
- Alat Soxhlet
- Neraca Analitik
- Pereaksi : larutan HCl 25%, kertas lakmus, n-Heksana atau pelarut lemak lainnya

Langkah kerja SNI ;

1. Timbang seksama 1-2 g cuplikan ke dalam gelas piala
2. Tambah 30 ml HCl 25% dan 20 ml air serta beberapa butir batu didih
3. Tutup gelas dengan kaca arloji dan didihkan selama 15 menit
4. Saring dengan keadaan panas dan cuci dengan air panas hingga tidak bereaksi asam lagi
5. Keringkan kertas saring berikut isinya pada suhu 100 – 105 ^oC.
6. Masukkan ke dalam kertas saring pembungkus (paper thimble) dan ekstrak dengan heksana atau pelarut lemak lainnya 2 – 3 jam pada suhu lebih kurang 80 ^oC.
7. Sulingkan larutan heksana atau pelarut lemak lainnya dan keringkan ekstrak lemak pada suhu 100 – 105 ^oC.
8. Dinginkan dan timbang
9. Ulangi proses pengeringan ini hingga tercapai bobot tetap

Perhitungan ;

$$\text{Kadar lemak} = \frac{W1 - W2}{W} \times 100\%$$

W : bobot cuplikan dalam gram

W1 : bobot labu lemak sesudah ekstraksi dalam gram

W2 : bobot labu lemak sebelum ekstraksi dalam gram

Pengukuran Kadar Protein dengan Metode Kjeldahl

Prinsip : menentukan kadar protein secara tidak langsung, dengan cara menentukan kadar N nya kemudian dikalikan dengan faktor protein 6,25. Senyawa nitrogen diubah menjadi amonium sulfat oleh H_2SO_4 pekat.

Amonium Sulfat yang terbentuk diuraikan dengan NaOH, amoniak yang dibebaskan diikat dengan asam borat dan kemudian dititar dengan larutan baku asam.

Peralatan :

- Labu kjeldhal
- Alat penyulingan dan kelengkapannya
- Pemanas listrik/pembakar
- Neraca analitik

Tahap Oksidasi, langkah kerjanya ;

1. Masukkan 0,5 – 1 gram bahan/contoh (a), 3 gram katalis (K_2SO_4 + $CuSO_4$) dan 10 ml H_2SO_4 ke dalam tabung Kjeldahl.
2. Tabung dipanaskan hingga larutan di dalam tabung berubah warna menjadi hijau bening, kemudian di dinginkan.
3. Encerkan dengan akuades sampai larutan menjadi 100 ml.

Tahap Destruksi, langkah kerjanya :

1. Masukkan 5 ml larutan hasil oksidasike dalam cawan labu kjeldahl.
2. Tambahkan NaOH 0,05 N sebanyak 10 ml.
3. Siapkan Erlenmeyer, masukkan H_2SO_4 0,05 N sebanyak 10 ml dan tambahkan 2 – 3 tetes larutan indikator (metyl red/methylen blue), kemudian didestruksi selama10 menit.

Tahap Titrasi

1. Hasil destruksi dititrasi dengan NaOH 0,05 N
2. Volume titran yang digunakan dicatat.
3. Lakukan prosedur yang sama pada blanko.

Perhitungan kadar protein diperoleh dari persamaan sebagai berikut ;

$$\text{Kadar Protein (\%)} = \frac{0{,}0007 \times 6{,}25 \times 20 \times (\text{titran blanko-titran sampel})}{a} \times 100\%$$

Pengukuran Kadar Protein dengan Metode Gunning

Langkah kerja :

1. Timbang bahan sebanyak 2 – 5 gram yang telah ditumbuk halus dan masukkan ke dalam labu kjeldahl, tambahkan 10 gram K_2S atau Na_2SO_4 anhidrat dan 15 – 25 ml H_2SO_4 pekat, kalau destruksi sukar dilakukan perlu ditambah katalis $CuSO_4$ sebanyak 6 gram dan digoyang.
2. Kemudian dipanaskan pada pemanas listrik atau api bunsen dalam almari asam, mula-mula dengan api kecil dan setelah asap hilang api dibesarkan, pemanasan diakhiri setelah cairan menjadi jernih tidak berwarna.
3. Lakukan langkah 1 dan 2 untuk perlakuan blanko.
4. Setelah labu kjeldahl beserta cairannya menjadi dingin, tambahkan 200 ml aquades dan 75 ml larutan NaOH 40-45% sampai larutan menjadi basa, pasanglah labu kjeldahl dengan segera pada alat destilasi.
5. Panaskan labu kjeldahl sampai amonia menguap semua, destilat ditampung dalam erlenmeyer yang berisi 100 ml HCl 0,1 N yang sudah diberi indikator phenolphtalein 1% 2 - 5 tetes. Destilasi diakhiri setelah volume destilat 150 ml atau setelah destilat yang keluar tidak bersifat basa.
6. Kelebihan HCl 0,1 N dalam destilat dititrasi dengan larutan basa standar (larutan NaOH 0,1 N) samapi larutan berwarna pink, catat volume titran.

7. Hitunglah kadar protein bahan dengan persamaan sebagai berikut ;

$$\text{Kadar Nitrogen (\%)} = \frac{(\text{ml NaOH blanko} - \text{ml NaOH contoh})}{\text{Gram contoh X 10}} \text{ X N NaOH X 14,008}$$

Kadar Protein (%) = Kadar Nitrogen X faktor konversi

Pengukuran Kadar Protein dengan Metode SNI

Pereaksi :

- Campuran selen, campuran 2,5 gr serbuk SeO_2, 100 gr K_2SO_4 dan 20 gr $CuSO_4$ 5 H_2O.
- Indikator campuran, siapkan larutan bromcresol green 0,1 % dan larutan merah metil 0,1 % dalam alkohol 95 % secara terpisah. Campur 10 ml bromcresol green dengan 2 ml merah metil.
- Larutan asam borat H_3BO_3 2 %, larutkan 10 gr H_3BO_3 dalam 500 ml air suling. Setelah dingin pindahkan ke dalam botol bertutup gelas. Campur 500 ml asam borat dengan 5 ml indikator.
- Larutan asam klorida, HCL 0,01 N
- Larutan Natrium Hidroksida NaOH 30%, larutkan 150 gram Natrium Hidroksida ke dalam 350 ml air, simpan dalam botol bertutup karet.

Langkah kerja ;

1. Timbang seksama 0,51 g cuplikan, masukkan ke dalam labu Kjeldahl 100 ml
2. Tambahkan 2 g campuran selen dan 25 ml H_2SO_4 pekat.
3. Panaskan diatas pemanas listrik atau api pembakar sampai mendidih dan larutan menjadi jernih kehijau-hijauan (sekitar 2 jam)

4. Biarkan dingin, kemudian encerkan dan masukkan ke dalam labu ukur 100 ml, tepatkan sampai tanda garis
5. Pipet 5 ml larutan dan masukkan ke dalam alat penyuling, tambahkan 5 ml NaOH 30% dan beberapa tetes indikator PP,
6. Sulingkan selama lebih kurang 10 menit, sebagai penampung gunakan 10 ml larutan asam borat 2% yang telah dicampur indikator
7. Titar dengan larutan HCL 0,01 N
8. Kerjakan penetapan blanko

Perhitungan :

$$\text{Kadar Protein} = \frac{(V1\text{-}V2) \times N \times 0{,}014 \times f.k \times fp}{W}$$

W : bobot cuplikan

V1 : volume HCL 0,01 N yang dipergunakan penitaran contoh

V2 : volume HCl yang dipergunkan penitaran blanko

N : normalitas HCl

fk : faktor konversi untuk protein 6,25

fp : faktor pengenceran

Pengukuran Kadar Serat Kasar Metode Pencucian asam dan basa kuat

Prinsip : menentukan zat organik yang tidak larut dalam asam kuat dan basa kuat dan disertai dengan pemanasan.

Peralatan :

- Neraca analitik

- Pendingin
- Corong Buchner
- Pompa vakum

Pereaksi :

- Asam sulfat H_2SO_4 1,25%
- Natrium Hidroksida, NaOH 3,25%
- Etanol 96%
- Kertas saring Whatman 54, 541 atau 41

Langkah kerja SNI :

1. Timbang seksama 2 – 4 g cuplikan
   Bebaskan lemaknya dengan cara ekstraksi dengan cara SOXlet atau dengan cara mengaduk, mengenap tuangkan contoh dalam pelarut organik sebanyak 3 kali. Keringkan contoh dan masukkan ke dalam erlemeyer 500 ml.
2. Tambahkan 50 ml larutan H_2SO_4 1,25%, kemudian didihkan selama 30 menit dengan menggunakan pendingin tegak
3. Tambahkan 50 ml NaOH 3,25% dan didihkan lagi selama 30 menit
4. Dalam keadaan panas, saring dengan corong Buchner yang berisi kertas saring tak berabu Whatman 54, 41 atau 541 yang telah dikeringkan dan diketahui bobotnya.
5. Cuci endapan yang terdapat pada kertas saring berturut-turut dengan H_2SO_4 1,25% panas, air panas dan etanol 96%.
6. Angkat kertas saring beserta isinya, masukkan ke dalam kotak timbang yang telah diketahui bobotnya, keringkan pada suhu 105 oC dinginkan dan timbang sampai bobot tetap.
7. bila ternyata kadar serat kasar lebih besar 1% abukan kertas saring beserta isinya, timbang sampai bobot tetap

Perhitungan :

a. Serat kasar < 1%,

$$\% \text{ Serat kasar} = \frac{w}{w1} \times 100\%$$

b. serat kasar > 1%

$$\% \text{ Serat kasar} = \frac{w - w1}{w2} \times 100\%$$

w : bobot cuplikan dalam gram

w1 : bobot abu dalam gram

w2 : bobot endapan pada kertas saring dalam gram

Langkah kerja 2 :

1. Timbang bahan sebanyak 0,5 – 2 gram (a) lalu masukkan ke dalam erlenmeyer, kemudian tambahkan 50 ml H_2SO_4 0,3 N dan di panaskan diatas hot plate selama 30 menit.
2. Tambahkan 25 ml NaOH 1,5 N kemudian panaskan kembali selama 30 menit.
3. Panaskan kertas saring di dalam oven selama 1 jam pada suhu 110 ^oC Dan dinginkan dalam eksikator lalu ditimbang (X_1). Pasang kertas saring pada corong buchner yang dihubungkan dengan vacuum pump. Panaskan juga cawan porselen pada suhu 110 ^oC selama satu jam dan dinginkan di dalam eksikator.
4. Larutan yang telah dipanaskan dituang ke dalam corong buchner. Lakukan pembilasan berturut-turut menggunakan 50 ml air panas, 50 ml H_2SO_4 0,3 N , 50 ml air panas dan 25 ml aceton.

5. Masukkan kertas saring dari corong buchner ke dalam cawan, panaskan pada suhu 105 – 110 ^{o}C selama 0,5 – 1 jam, dinginkan dalam eksikator dan timbang (X_2).
6. Panaskan cawan dalam tanur listrik bersuhu 600 ^{o}C selama 2 jam hingga bahan di dalam cawan berwarna putih, didinginkan dan timbang (X_3).
7. Hitunglah kadar serat kasar bahan dengan menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Serat Kasar (\%)} = \frac{X_2 - X_3 - X_1}{a} \times 100\%$$

Langkah Kerja 3 :

1. Timbang bahan sebanyak 2 – 5 gram
2. Masukkan ke dalam erlenmeyer 600 ml, tambahkan larutan H_2SO_4 0,255 N sebanyak 200 ml dan batu didih, panaskan selama 30 menit dengan dilakukan penggoyangan sesekali.
3. Saring suspensi dengan kertas saring dan residu yang tertinggal dalam erlenmeyer dicuci dengan aquades mendidih, cucilah residu dalam kertas saring sampai air cucian tidak bersifat asam lagi (uji dengan kertas lakmus, sampai berwarna biru tidak berubah).
4. Pindahkan secara kuantitatif resudu dari kertas saring ke dalam erlenmeyer kembali dengan spatula, dan sisanya dicuci dengan larutan NaOH 0,313 N sebanyak 200 ml sampai semua residu masuk ke dalam erlenmeyer. Didihkan dengan pendingin balik sambil kadang kala digoyang-goyangkan selama 30 menit.
5. Saring menggunakan kertas saring yang telah diketahui beratnya, sambil dicuci dengan larutan K_2SO_4 10%, cuci lagi residu dengan

aquades mendidih dan kemudian dengan lebih kurang 15 ml alkohol 95%.

6. Keringkan kertas saring dan isinya pada oven dengan suhu 110^{O}C sampai berat konstan selama 1 – 2 jam, dinginkan dalam eksikator dan timbang
7. Hitunglah kadar serat kasar dengan persamaan sebagai berikut :

$$\text{Kadar SK (\%)} = \frac{\text{(Berat kertas saring +serat) – Berat kertas saring)}}{\text{Berat Sampel}} \times 100\%$$

Langkah kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan tersebut!
2. Tentukan bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan pakan dengan memperhatikan kandungan nutrisi bahan baku dan ketersediaan bahan baku dilokasi.
3. Kelompokkan jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan bahan baku ke dalam kelompok hewani, nabati dan limbah serta bahan tambahan yang akan digunakan..
4. Lakukanlah pengidentifikasian terhadap jenis-jenis bahan baku dengan membuat suatu perencaanaan yang meliputi ketersediaan bahan baku dilokasi, harga bahan baku perkilo, kontinuitas bahan baku dilokasi, kapasitas produksi bahan baku.
5. Dari data yang telah diidentifikasi tersebut lakukanlah perencanaan jumlah produksi yang akan dibuat di lokasi tersebut !

KEGIATAN PEMBELAJARAN 2: Menganalisis sistem fisiologi nutrisi pada biota air

A. Deskripsi

B. Kegiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

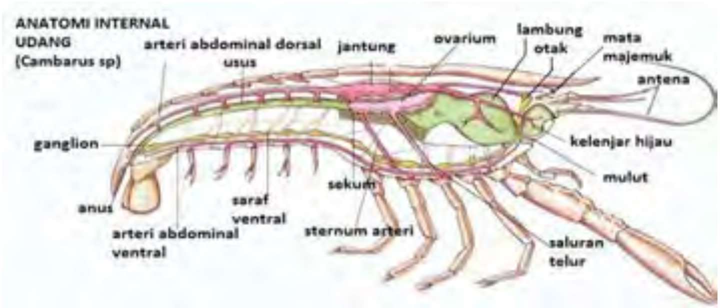
Setelah mempelajari Buku Teks Bahan ajar Siswa tentang menganalisis sistem fisiologi nutrisi biota air, Siswa mampu:

1. Menjelaskan sistem pencernaan biota air
2. Menjelaskan proses metabolisme pada ikan
3. Menjelaskan pemanfaatan energi pada ikan
4. Menjelaskan energi pakan

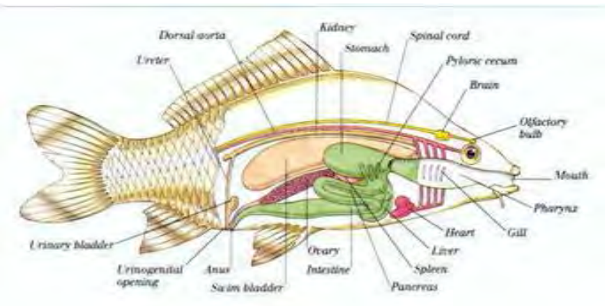
2. Uraian Materi

a. Asistem pencernaan biota air

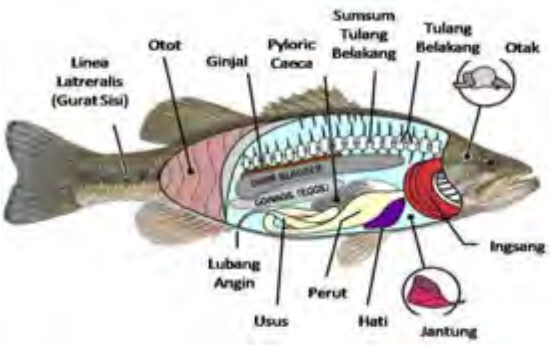
Sistem pencernaan biota air adalah proses masuknya makanan ke dalam tubuh biota air sampai makanan tersebut diserap oleh tubuh dan sisa proses pencernaan tersebut akan dikeluarkan dalam bentuk feses melalui anus. Oleh karena itu, alat pencernaan biota air termasuk ikan terdiri dari saluran pencernaan dan kelenjar pencernaan. Saluran pencernaan ikan terdiri dari beberapa organ pencernaan yaitu: mulut, rongga mulut, faring, esofagus, lambung, pilorik usus, rektum dan anus. Sedangkan kelenjar pencernaan terdiri dari hati dan pankreas. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 1-6.



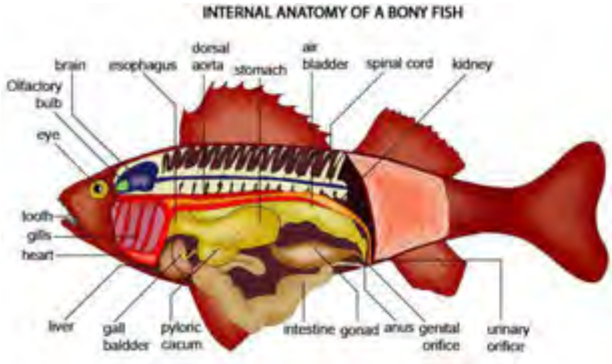
Gambar 1. Organ pencernaan udang



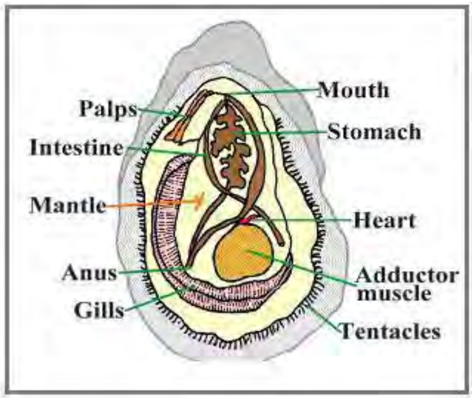
Gambar 2. Organ pencernaan ikan omnivora (ikan mas)



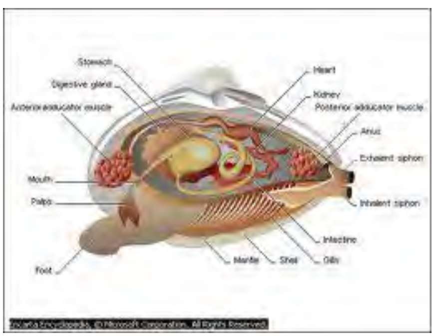
Gambar 3. Organ pencernaan ikan bandeng



Gambar 4. Organ pencernaan ikan laut



Gambar 5. Organ pencernaan kekerangan

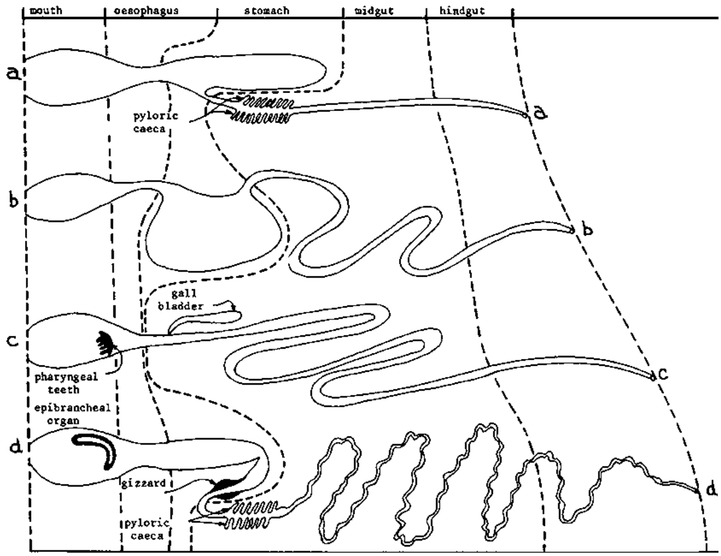


Gambar 6. Organ pencernaan kekerangan

Berdasarkan gambar 1-6 tersebut jelas terlihat bahwa organ pencernaan biota air tersebut dimulai dari mulut dan berakhir pada anus. Makanan yang dimakan oleh biota air akan dicerna dengan bantuan mulut menjadi partikel-partikel yang lebih kecil. Mengapa makanan tersebut dapat dicerna oleh biota air? Mari kita diskusikan, pada mulut terdapat saliva yang berfungsi sebagai pelumas pada waktu mengunyah dan menelan makanan. Gerakan mengunyah berfungsi untuk memecah makanan agar dapat meningkatkan kelarutannya dan memperluas daerah permukaan bagi kerja enzim. Setelah makanan berubah menjadi partikel-partikel yang lebih kecil karena bantuan enzim di dalam tubuh biota air, maka makanan yang sudah dicerna tersebut akan diserap melalui usus halus. Bagaimana caranya makanan tersebut diserap olah tubuh? Proses masuknya zat makanan ke dalam darah dan limpa melalui dinding usus halus. Usus halus sebagai tempat utama penyerapan zat makanan dan kecepatan penyerapan untuk setiap molekul berbeda, misalnya ergosterol dan sulfat tidak diserap, kolesterol, klorida, fosfat dan heksosa dapat diserap. Selanjutnya akan terjadi proses metabolisme di dalam tubuh biota air.

Secara anatomis struktur alat pencernaan ikan berkaitan dengan bentuk tubuh, kebiasaan makan dan kebiasaan memakan ikan. Perbedaan struktur anatomis alat pencernaan antara ikan-ikan yang berbeda bentuk tubuhnya dapat dengan mudah dilihat misalnya antara ikan belut *(Monoptealbus)* dengan ikan bawal *(Pampus sp*). Walaupun kedua jenis ikan tersebut termasuk kategori yang sama yaitu : karnivora, akan tetapi karena bentuk tubuhnya berbeda maka

struktur anatomis alat pencernaannya berbeda. Berdasarkan kebiasaan makannya jenis pakan biota air dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu herbivora, omnivora dan karnivora. Kelompok herbivora adalah kelompok biota air yang lebih menyukai pakan ikan yang bahan bakunya berasal dari sumber nabati. Kelompok carnivora adalah kelompok biota air yang lebih menyukai pakan ikan yang bahan bakunya berasal dari sumber hewani. Sedangkan kelompok biota omnivora adalah kelompok biota air yang makanan yang dimakan komposisinya berasal dari bahan baku hewani dan nabati. Maka dalam memilih bahan baku yang akan digunakan untuk ikan herbivora akan sangat berbeda untuk ikan karnivora atau omnivora. Pada ikan herbivora komposisi bahan baku lebih banyak yang berasal dari nabati dan untuk ikan karnivora maka komposisi bahan bakunya lebih banyak berasal dari hewani. Struktur saluran pencernaan beberapa ikan dapat dilihat pada Gambar 7. Beberapa jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya dapat dilihat pada Tabel 40.



Gambar 7. Perbandingan perbandingan organ pencernaan antara ikan herbivora, omnivora dan carnivora

Keterangan :
a : ikan trout, *Salmo gairdneri* (carnivora)
b : ikan "catfish", *Ictalurus punctatus* (omnivora)
c : ikan mas, *Cyprinus carpio* (ominvora)
d : ikan bandeng, *Chanos chanos* (herbivora)

Tabel 40. Beberapa jenis ikan berdasarkan kebiasaan makannya **(Hertrampf,J.W and Pascual,F.P, 2000)**

Kelompok	Jenis ikan
Herbivora	Big head carp (*Aristichtus nobilis*) Grass carp/ikan koan (*Ctenopharyngodon idellus*) Javanese carp (*Puntius gonionotus*) Silver carp (*Hypothalmichtys molitrix*) Gurami (*Osphronemus gouramy*) Bandeng (*Chanos chanos*) Perch (*Perca* sp)

	Rabbit fish/beronang (*Siganus guttatus*) Tilapia (*Oreochromis* sp)
Omnivora	Siamemese gurami (*Trichogaster pectoralis*) Channel catfish/lele amerika (*Ictalurus punctatus*) Common carp/ikan mas (*Cyprinus carpio*)
Karnivora	Grey mullet/ikan belanak (*Mugil cephalus*) Black carp (*Mylopharyngodon piceus*) Catfish/ikan lele (*Clarias batrachus*) Grouper/ikan kerapu (*Epinephelus* spp) Atlantic salmon (*Salmo salar*) Pacific salmon (*Oncorhynchus* spp) Seabass/ikan kakap (*Lates calcarifer*) Brown trout (*Salmo trutta*) Rainbow trout (*Salmo gairdneri*)

Perbedaan struktur-struktur anatomis alat pencernaan pada kelompok jenis ikan sangat terlihat dengan jelas. Perbedaan yang menyolok di antara ketiga kelompok tersebut adalah terletak pada struktur tapis insang, struktur gigi pada rongga mulut, keberadaan dan bentuk lambung, dan panjang usus. Secara rinci perbedaan struktur anatomis struktur tapis insang dan saluran pencernaan antara ketiga kelompok ikan tersebut dapat dilihat pada Tabel 41.

Tabel 41. Perbedaan Struktur Anatomis Ikan Herbivora, omnivora dan Karnivora.

Organ	Herbivora	Omnivora	Karnivora
Tapis Insang	Banyak, panjang sedang panjang dan rapat.	Sedang	sedikit, pendek dan kaku

Rongga Mulut	Sering tidak bergigi.	Bergigi kecil	Umumnya bergigi kuat, dan tajam.
Lambung	Berlambung palsu/ tidak berlambung.	Berlambung dengan bentuk kantung.	Berlambung dengan bentuk bervariasi.
Usus	Sangat panjang beberapa kali panjang tubuh.	Sedang, 2 - 3 kali panjang tubuh	Pendek, kadang lebih pendek dari pada panjang tubuh.

Pencernaan adalah proses penyederhanaan makanan melalui mekanisme fisik dan kimiawi sehingga makanan menjadi bahan yang mudah diserap dan diedarkan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah. Pencernaan secara fisik atau mekanik dimulai di bagian rongga mulut dengan berperannya gigi dalam proses pemotongan dan pengerusan makanan. Pencernaan secara mekanik ini dilanjutkan di segmen lambung dan usus yaitu dengan adanya gerakan-gerakan/konstraksi otot pada segmen tersebut. Pencernaan secara mekanik di segmen lambung dan usus terjadi secara efektif. Pencernaan secara kimiawi dimulai di bagian lambung. Hal ini dikarenakan cairan digestif yang berperan dalam pencernaan secara kimiawi mulai dihasilkan di segmen lambung. Pencernaan ini selanjutnya disempurnakan segmen usus. Cairan digestif yang berperan dalam pencernaan di segmen usus berasal dari hati dan dinding usus itu sendiri. Zat nutrisi yang telah diserap melalui dinding usus halus selanjutnya akan memasuki lintasan proses penyerapan zat nutrisi tersebut.

Ada dua lintasan proses penyerapan dalam tubuh makhluk hidup yaitu sistem portal hepatik dan sistem limfatik. Sistem Portal Hepatik adalah sistem penyerapan dimana bahan yang diserap oleh usus halus berlangsung menuju hati dengan mengangkut nutrien yang larut dalam air, misalnya monosakarida, asam amino. Sedangkan sistem Limfatik adalah sistem penyerapan dimana bahan yang diserap oleh usus menuju darah lewat Duktus Torasikus serta mengangkut nutrien yang larut dalam lemak.

Bahan-bahan (sumber energi) dari makanan setelah dicerna dan diabsorpsi dalam usus halus, masuk ke dalam sirkulasi darah dan diambil oleh jaringan-jaringan akan mengalami tiga proses metabolisme yaitu katabolisme, anabolisme dan amfibolik. Secara detail kita akan diskusi pada sub materi selanjutnya yaitu proses metabolisme pada ikan.

b. proses metabolisme nutrisi pada ikan

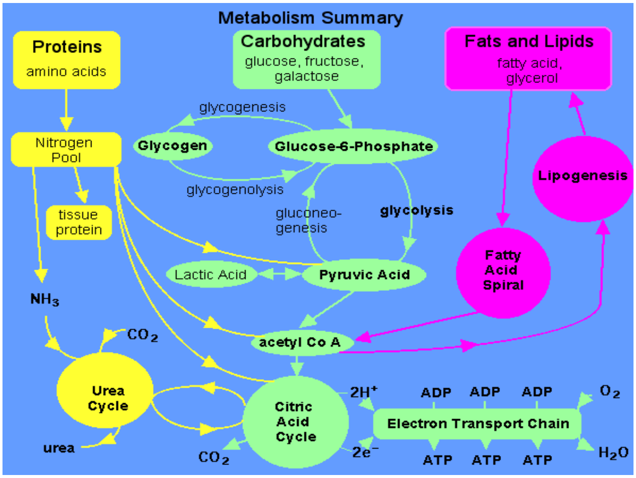
Makanan yang dimakan oleh biota air akan dicerna dan diserap oleh tubuh biota air dan akan mengalami 3 proses metabolisme yaitu :

1. Proses (jalur) katabolisme
   - Karbohidrat dan lemak dalam proses katabolisme akan duraikan menjadi $CO_2 + H_2O$ + Energi.
   - Asam Amino / protein dalam proses katabolisme akan duraikan menjadi $CO_2 + H_2O$ + Urea + Energi.
2. Proses (jalur) anabolisme

   Proses anabolisme adalah proses biosintesa protein, Karbohidrat, lemak, nucleoprotein dan proses-proses endergonik lainnya
3. Proses (jalur) amfibolik

Proses amfibolik adalah proses gabungan antara proses katabolisme dan anabolisme. Semua hasil anabolisme dan katabolisme untuk memperoleh energi akan masuk dalam siklus krebs. Siklus Krebs ini dapat disingkat menjadi TCC = TCA = CAC (*Tri Carboxylic Cycle* = *Tri Carboxylic Acid Cycle* = *Citric Acid Cycle*)

Dalam proses katabolisme, baik Karbohidrat, lemak maupun protein, akan membentuk Asetil-KoA di dalam mitokondria. Asetil-KoA akan memasuki TCC dan menghasilkan banyak energi berupa ATP (Adenosin Tri Phosphat) dan *reducing eqivalent* lainnya (NADH + $FADH_2$) yang akan memasuki rantai pernafasan dalam mitokhondria dan menghasilkan ATP. ATP dipergunakan untuk keperluan aktifasi, posforilasi dan proses-proses endergonik lainnya seperti kontraksi otot, penghantaran impuls syaraf, biosintesa dan sebagainya. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Proses metabolisme pada makhluk hidup

Proses pencernaan protein

- Di mulut: pencernaan secara mekanik dan adanya enzim saliva menjadi polipetida
- Di Lambung: dengan bantuan enzim pepsin dan renin. Pepsin memecah protein dalam gugus yang lebih sederhana yaitu proteosa dan peptone
- Di Usus halus: dengan bantuan enzim akan diubah menjadi asam amino dan terjadi proses penyerapan melalui dinding usus halus
- Masuk ke dalam aliran darah dan limpa
- Terjadi proses metabolisme dalam hati dan jaringan

Proses pencernaan karbohidrat

- Di mulut: pencernaan secara mekanik dan adanya enzim saliva menjadi polisakarida
- Di Lambung: dengan bantuan enzim pepsin, renin dan asam lambung memecah karbohidrat dalam gugus yang lebih sederhana yaitu polisakarida, oligosakarida, disakarida
- Di Usus halus: dengan bantuan enzim akan diubah menjadi monosakarida: glukosa, fruktosa, galaktosa dan terjadi proses penyerapan melalui dinding usus halus
- Masuk ke dalam alirah darah dan limpa

Proses pencernaan Lipid

- Di mulut: pencernaan secara mekanik dan adanya enzim saliva menjadi monogliserida.
- Di Lambung: dengan bantuan enzim lipase dan asam lambung memecah lipid dalam gugus yang lebih sederhana yaitu asam

lemak dan gliserol. Lipase akan menghidrolisis lipid dan trigliserida menjadi digliserida, monoglisarida, gliserol, dan asam lemak bebas.

- Di Usus halus: dengan bantuan enzim akan diubah menjadi asam lemak yang diserap, asam lemak tersebut disintesis kembali menjadi lemak dalam badan golgi dan retikulum endoplasma sel mukosa usus halus. Monogliserida disintesis di dalam sel berepitel membentuk triglyserida. Triglyserida dan sedikit fosfolipid dan kolesterol bebas akan berkombinasi membentuk *Chylomicron*.
- Tri Acyl Glyserol (TAG) atau Triglyserida akan masuk ke sistem limfa membentuk kompleks dengan protein membentuk *Chylomicrons*
- Chylomicron kemudian membawa TAG dari sel mukosa usus halus ke organ lain seperti jantung, otot, dan jaringan lemak. TAG yg disintesis dari hati, akan dibawa oleh *Very Low Density Lipoprotein* (VLDL) ke organ lain,
- Setelah mencapai organ target melalui pembuluh darah di kapiler maka TAG akan dihidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak
- Asam lemak bebas diserap, sisanya dibawa oleh serum albumin dan akan masuk ke sel lain
- Asam lemak yang telah masuk ke dalam sel diubah menjadi energy atau diubah menjadi TAG untuk disimpan di adipose.

Metabolisme protein/asam amino

Metabolisme asam amino meliputi sintesis dan pemecahan protein, protein dalam pakan pertama kali dicerna di dalam lambung dan

asam klorida yang terdapat dalam lambung akan memberikan medium asam yang dapat mengaktivasi pepsin dan renin untuk membantu mencerna protein. Pepsin memecah protein dalam gugus yang lebih sederhana yaitu protease dan pepton dan akhirnya akan dipecah menjadi asam amino. Protein kemudian diserap ke dalam usus dalam bentuk asam amino.

Metabolisme asam amino umumnya dapat terjadi dalam tiga lintasan, yaitu 2 lintasan proses katabolisme asam amino yang merupakan proses degradasi dan glukoneogenesis, serta satu lintasan proses anabolisme asam amino yang merupakan proses sintesa protein. Ada 20 asam amino dalam protein. Bila selama sintesis protein, satu dari asam amino hilang, maka sintesis protein terhenti. Karena sintesis dan degradasi terus menerus dari protein adalah khas untuk semua bentuk kehidupan. Sintesis protein dikode oleh DNA (kode genetik) yang terdapat di inti mitokondria. Tersedianya asam amino harus mencerminkan distribusinya dalam protein. Bila tidak, sintesis protein dibatasi oleh nutrien.

Asam-asam amino terutama diperlukan dalam sintesis protein tubuh dan senyawa-senyawa lain yang secara fisiologis penting bagi metabolisme, misalnya hormon-hormon dan neurotransmiter. Pada umumnya kelebihan asam amino akan segera dikeluarkan oleh deaminasi oksidatif dan rangka karbonnya diubah menjadi asetil atau aseto-asetil Ko A, piruvat, atau salah satu dari zat antara siklus asam trikarboksilat yang kemudian dioksidasi menjadi energi. Namun dalam beberapa kasus tertentu akan diubah menjadi glukosa dan lemak. Ikan mengekskresikan amonia bebas dan disebut sebagai amonetilik.

Amonia adalah toksit terhadap sistem syaraf pusat oleh mekanisme yang belum seluruhnya dimengerti tetapi tampaknya melibatkan pembalikan jalan glutamat dehidrogenase dan akibatnya kekurangan ketoglutarat, zat antara yang diperlukan dalam siklus asam trikarboksilat. Asam sitrat dan garam-garamnya bersifat sangat tidak larut serta mengendap dalam jaringan dan cairan bila konsentrasinya melampaui beberapa miligram per 100 ml. Karena itu tidak ada produk akhir dari metabolisme nitrogen yang dapat ditolelir dengan baik oleh organisme tingkat tinggi.

Asam amino yang berlebihan dari yang diperlukan untuk sintesis protein dan biomolekul lainnya tidak dapat disimpan dalam tubuh maupun diekskresikan keluar tubuh. Kelebihan asam amino cenderung digunakan untuk bahan bakar. Sebelum memasuki siklus asam trikarboksilat untuk menghasilkan energi asam amino harus didegradasi terlebih dahulu. Degradasi asam amino terjadi dalam dua tahap utama. Tahap pertama adalah deaminasi oksidatif, merupakan tahap pengubahan asam amino menjadi zat antara yang dapat memasuki siklus asam trikarboksilat, dan gugus amino. Tahap ke dua adalah tahap oksidasi zat dalam siklus asam trikarboksilat menjadi CO_2 dan H_2O.

Tempatnya pemecahan asam amino adalah hati. Gugus α amino dari banyak asam amino mula-mula akan dipindahkan ke α keto glutarat untuk membentuk asam glutamat yang kemudian mengalami deaminasi oksidatif membentuk ion NH_4^+. Enzim aminotransferase mengkatalisis pemindahan suatu gugus α amino dari suatu asam amino α kepada keto. Enzim-enzim ini disebut juga transaminase,

umumnya menyalurkan gugus α amino dari berbagai asam amino kepada α –ketoglutarat untuk diubah menjadi NH_4^+ (ion amonium). Ion amonium dibentuk dari glutamat dengan deaminasi oksidatif. Reaksi dikatalisis oleh enzim glutamat dehidrogenase yang tidak biasa karena dapat menggunakan NAD+ maupun NADP+. Aktivitas glutamat dehidrogenase diatur secara alosterik. Guanosin trifosfat (GTP) dan Adenosin Trifosfat (ATP) adalah inhibitor alosterik, sedangkan Guanosin Difosfat (GDP) dan Adenosin Difosfat (ADP) adalah aktivator alosterik. Jadi penurunan muatan energi akan mempercepat oksidasi asam amino.

Dalam proses katabolisme protein maka akan dihasilkan amonia sebagai hasil deaminasi oksidatif, zat ini merupakan bahan yang bersifat racun dan harus dikeluarkan dari tubuh. Pada makhluk hidup sebagian besar dikeluarkan melalui dua jalan kecil dalam tubuhnya yaitu :

a. Amonia dengan asam glutamat dalam hati, untuk membentuk glutamin membutuhkan ATP, ditransport ke ginjal dan kemudian dipisahkan kembali menjadi glutamat dan amonia. Akhirnya dieksresikan ke urin sebagai garam amonium (NH_4^+.)
b. Amonia dengan Karbon dioksida untuk membentuk Karbamil, yang kemudian difosforilasi menjadi karbomoil fosfat, sebuah reaksi yang membutuhkan dua ATP. Karbomoil fosfat kemudian masuk ke dalam siklus ornithin urea. Ikan-ikan yang memiliki paru-paru (*lungfish*), pada musim kering menjadi ikan darat dan mengeksresikan urea untuk menghemat air.

Metabolisme Karbohidrat

Karbohidrat adalah sumber energi yang murah dan dapat menggantikan protein yang mahal sebagai sumber energi. Selain itu karbohidrat merupakan *Protein sparing effect* yang artinya karbohidrat dapat digunakan sebagai sumber energi pengganti bagi protein dimana dengan menggunakan karbohidrat dan lemak sebagai sumber bahan baku maka hal ini dapat mengurangi harga pakan. Pemanfaatan karbohidrat sebagai sumber energi dalam tubuh dapat juga dipengaruhi oleh aktivitas enzim dan hormon. Enzim dan hormon ini penting untuk proses metabolisme karbohidrat dalam tubuh seperti glikolisis, siklus asam trikarboksilat, jalur pentosa fosfat, glukoneogenesis dan glikogenesis. Selain itu dalam aplikasi pembuatan pakan karbohidrat seperti kaji, zat tepung, agar-agar, alga, dan getah dapat juga digunakan sebagai pengikat makanan (binder) untuk meningkatkan kestabilan pakan dalam air pada pakan ikan dan udang.

Tingkat pemanfaatan karbohidrat dalam pakan umumnya rendah pada khususnya hewan karnivora, karena pada ikan sumber energi utama adalah protein. Ikan karnivora lebih sedikit mengkonsumsi karbohidrat dibandingkan dengan omnivora dan herbivora. Selain itu ikan yang hidup diperairan tropis dan air tawar biasanya lebih mampu memanfaatkan karbohidrat daripada ikan yang hidup diperairan dingin dan air laut. Ikan laut biasanya lebih menggunakan protein dan lemak sebagai sumber energi daripada karbohidrat, tetapi peranan karbohidrat dalam pakan ikan sangat penting bagi kehidupan dan pertumbuhan ikan. Jika kebutuhan karbohidrat dalam pakan terlalu sedikit akan menyebabkan terjadinya tingkat katabolisme protein dan lemak yang tinggi untuk mensuplai kebutuhan energi ikan dan menyediakan metabolisme

lanjutan (intermedier) untuk sintesis senyawa biologi penting lainnya, sehingga pemanfaatan protein untuk pertumbuhan berkurang. Oleh karena itu pada komposisi pakan ikan harus ada keseimbangan antara karbohidrat, protein dan lemak, dimana ketiga nutrien tersebut merupakan sumber energi bagi ikan untuk tumbuh dan berkembang.

Ikan tidak memiliki kelenjar air liur (*salivary gland)* sehingga proses pencernaan karbohidrat pada ikan dimulai dibagian lambung. Pencernaan karbohidrat secara intensif terjadi disegmen usus yaitu dengan adanya enzim amilase pankreatik. Pada segmen usus, amilum (zat tepung) dan glikogen akan dihidrolisis oleh enzim amilase menjadi maltosa dan dekstrin, Kemudian maltosa dan dekstrin ini akan dihidrolisa oleh enzim laktase atau sukrose menghasilkan galaktosa, glukosa dan fruktosa. Pada dinding usus, galaktosa dan fruktosa akan diubah menjadi glukosa. Dalam bentuk glukosa itulah karbohidrat dapat diserap oleh dinding sel (enterosit) lalu masuk kedalam pembuluh darah. Ikan tidak memiliki enzim pencerna karbohidrat yang memadai di dalam saluran pencernaannya, sehingga nilai kecernaan karbohidrat pakan umumnya rendah. Aktivitas enzim amilase dalam menghidrolisa pati pada ikan omnivora seperti ikan tilapia dan ikan mas lebih tinggi daripada ikan karnivora seperti ikan *rainbowtrout* dan *yellowtail*. Nilai kecernaan karbohidrat ini sangat dipengaruhi oleh sumber dan kadar karbohidrat dalam pakan serta jenis dan ukuran ikan.

Metabolisme Lipid (Biosintesis Asam lemak)

Lemak yang dikonsumsi oleh ikan akan dicerna di dalam lambung akan dihidrolisis menjadi monogliserida dan asam lemak bebas dengan bantuan enzim lipase dan ditambah dengan proses saponifikasi dan emulsi oleh asam empedu dan lecithin dalam empedu. Akhir hidrolisis menjadi gliserol dan asam lemak. Berdasarkan studi secara in vitro pada ikan layang, ikan cod dan *rainbow trout* enzim lipase akan menghidrolisis triaslglyserol menjadi 2-monoasilglyserol dan asam lemak bebas. Hidrolisis 2-monoasilglyserol selanjutnya akan membentuk glyserol dan asam lemak bebas. Setelah dicerna selanjutnya akan dilakukan penyerapan, seperti diketahui bahwa asam lemak merupakan produk yang tidak larut dalam air maka asam lemak yang lebih rendah dan kolin akan diserap langsung di dalam mukosa usus halus. Monogliserida dan asam lemak yang tidak larut diemulsi dan dilarutkan membentuk komplek koloid yaitu misel yang masuk ke dalam sel epitel. Monogliserida disintesis di dalam sel berepitel membentuk triglyserida. Triglyserida dan sedikit fosfolipid dan kolesterol bebas akan berkombinasi membentuk *Chylomicron*, yaitu komplek koloid yang besarnya 0,5 – 1,5 µm. *Chylomicron* ini diserap ke dalam sistem lipatik dan selanjutnya lewat melalui kantong torakic menjadi sistem yang sistemik dan dengan cepat diangkut oleh hati dan jaringan untuk katabolisme dan cadangan energi. Rantai panjang asam lemak, gabungan triglyserida dilakukan penyimpanan pada suhu yang lama dalam bentuk energi dalam lemak atau jaringan adipose hewan. Ketika energi diperlukan dalam jumlah besar, asam lemak dipecahkan untuk menghasilkan energi.

Pemanfaatan Energi

Dalam kehidupan manusia setiap hari sering mendengar istilah energi. Energi berasal dari kata Yunani yaitu *En* yang berarti *in* dan *Ergar* yang berarti *work,* dari arti kata asalnya energi dapat didefenisikan sebagai kapasitas atau sesuatu yang dapat diolah ke dalam bentuk kerja atau kemampuan untuk bekerja. Bentuk energi dalam kehidupan manusia dapat dikelompokkan berdasarkan sumbernya yaitu energi mekanik, energi panas,energi listrik dan energi molekuler. Energi akan ada dan hadir dalam setiap bentuk yang berbeda dan disesuaikan dengan pekerjaan berbeda. Pada ikan sebagai organisme yang berhubungan dengan air membutuhkan makanan untuk menyediakan energi yang mereka perlukan. Energi bagi makhluk hidup berasal dari makanan dimana dari makanan ini akan diubah menjadi energi kimia dan disimpan dalam tubuh dalam bentuk Adenosin Tri Phosphat (ATP). Dengan adanya energi ini dapat mengubah energi kinetik dari suatu reaksi metabolisme yang menimbulkan kerja dan panas.

Pada ikan sumber energi diperoleh dari pakan, dimana pada pakan ikan ini mengandung zat gizi/nutrien yang berasal dari karbohidrat, lemak dan protein dan dapat terukur secara langsung atas pertolongan *bom kalorimeter*. Energi diperlukan untuk melakukan pekerjaan mekanis (aktivitas otot). Pekerjaan kimia (proses kimia yang berlangsung dalam tubuh), kerja elektrik (aktifitas saraf), dan pekerjaan osmotik (memelihara badan untuk menjaga keseimbangan satu sama lain dan dengan medium air tawar, payau atau air laut dimana organisme air itu hidup). Energi yang diperoleh oleh makhluk hidup ini dapat menimbulkan panas dimana menurut ilmuwan Lavoiser dan La Place (1780) Panas dari tubuh hewan berasal dari oksidasi zat-zat organik dan makanan yang diberikan digunakan

sebagai sumber energi. Oleh karena itu nilai energi suatu bahan makanan dapat dipakai sebagai dasar dalam menentukan nilai gizi dari bahan makanan tersebut.

Energi bebas adalah energi yang tersedia untuk aktifitas biologi dan pertumbuhan setelah kebutuhan energi terpenuhi. Kuantitas dan energi yang tersedia untuk pertumbuhan merupakan jenis energi yang paling utama dari segi pandangan akuakultur. Kebutuhan energi hewan air berbeda-beda kuantitasnya, hal ini dapat dibedakan berdasarkan jenis ikan yang dibudidayakan, kebiasaan makan, ukuran ikan, lingkungan dan status reproduksi. Energi yang disediakan oleh makanan adalah salah satu pertimbangan yang penting di dalam menentukan nilai gizinya. Energi dinyatakan dalam kilokalori (kkal) atau kilojoule (kJ). Satu kilokalori adalah jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur satu gram air dari 14,5^{o}C menjadi 15,5 ^{o}C (dalam air 1^{0}C). Joule adalah satuan tenaga listrik dalam sistem metrik dan satu kkal sama dengan 4.184 kJ. Sebagai contoh, 70 kkal sama dengan 293.02 kJ atau dapat juga menggunakan satuan *British Thermal Unit* (BTU) dimana 1 BTU = 252 kalori.

Setelah mempelajari bagian ini, anda harus bisa membedakan bentuk energi dan pengukurannya. Memahami metabolisme energi berkenaan dengan makanan, persamaan energi dalam keseimbangan dan faktor-faktor yang berpengaruh pada energi yang menyebabkan kebutuhan ikan akan energi disesuaikan dengan cara pemberian pakan dalam budidaya ikan dan memahami arti protein energi ratio yang merupakan perbandingan antara protein optimal dengan energi yang terdapat dalam pakan ikan.

Energi yang diperoleh dari pakan digunakan sebagai sumber energi utama yang dalam pembagian energi disebut dengan *Gross Energi* atau energi kotor. *Gross Energi* (GE) nilai makanan ini dapat didefenisikan sebagai total energi yang terdapat dalam makanan. Semua energi yang diperoleh dari asupan pakan yang dikonsumsi oleh ikan, tidak semuanya dipergunakan untuk keperluan pertumbuhan dan perkembangan ikan karena energi tersebut akan dibagi menjadi *Digestible energy* (DE) yaitu energi yang dapat dicerna dan *Fecal energy* (FE) yaitu energi yang digunakan untuk kegiatan pembuangan hasil eksresi pada ikan berupa feses.

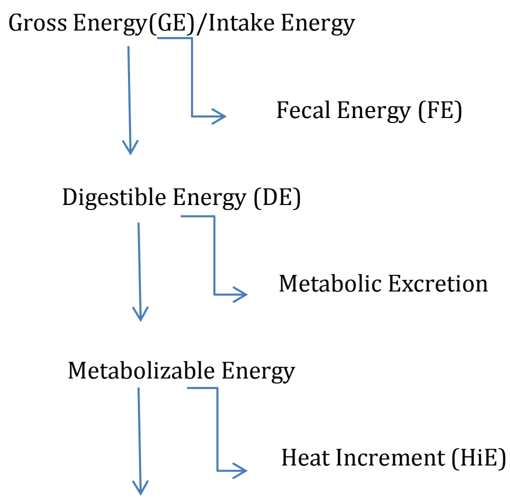
Energi yang diperoleh dari *Digestible Energy* ini yang selanjutnya akan dipergunakan oleh ikan untuk kegiatan proses metabolisme dan proses hasil buangan metabolisme yang terbagi menjadi *Metabolizable Energy* (ME) yaitu energi yang dapat dipergunakan untuk kegiatan metabolisme dan *Metabolic Excretion* yaitu energi yang dikeluarkan oleh ikan untuk proses pembuangan urin (*Urine Excretion*) dan *Gill Excretion* (GE).

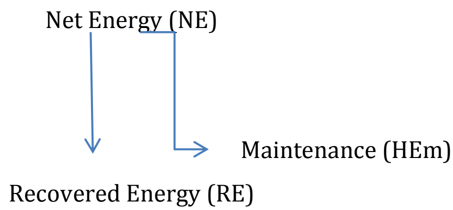
Energi yang dipergunakan untuk kegiatan metabolisme di dalam tubuh ikan ini dibagi lagi menjadi dua yang akan dipergunakan untuk kegiatan aktivitas metabolisme seperti kegiatan mengkonsumsi oksigen dalam media pemeliharaan yang biasa disebut dengan *Heat Increment* (HiE) atau dengan kata lain dalam proses fisiologis ikan yang disebut dengan *Specific Dynamic Action* yaitu energi yang diperlukan oleh ikan untuk aktivitas hidup harian ikan. Energi yang tersisa dari proses kegiatan metabolisme adalah energi bersih yang disebut dengan *Net Energy* (NE) yang akan dipergunakan

maintenance atau perawatan ikan seperti metabolisme basal, aktivitas ikan, aktivitas renang, adaptasi terhadap suhu dan sisanya baru akan dipergunakan untuk pertumbuhan.

Berdasarkan sebaran energi mulai makanan/pakan masuk ke dalam mulut sampai diserap oleh usus halus energi tersebut sudah dipakai untuk berbagai kegiatan biota air. Selanjutnya energi yang akan dipergunakan untuk pertumbuhan adalah energi yang tertinggal setelah kebutuhan untuk metabolisme basal ikan terpenuhi dan jika masih ada yang tersisa energi tersebut akan dipergunakan untuk kegiatan reproduksi. Oleh karena itu pertumbuhan dapat terjadi jika semua proses metabolisme ikan terpenuhi dan setelah pertumbuhan somatik terpenuhi baru akan dilanjutkan dengan pertumbuhan gonadik.

Untuk memudahkan dalam memahami pembagian energi yang diperoleh dari pakan oleh ikan dapat dilihat pada Gambar 9.





Gambar 9. Distribusi Energi (Sumber Watanabe ,1988)

Energi intake (IE) atau energi kotor (GE) adalah sejumlah panas yang dilepaskan oleh satu unit bobot bahan kering pakan bila dioksidasi sempurna. Energi kotor bahan pakan ditentukan dengan jalan membakar contoh bahan pakan dalam bom kalorimeter. Kandungan IE biasanya dinyatakan dalam satuan Mkal IE/kg BK. Tidak semua IE bahan pakan dapat dicerna, sebagian akan dikeluarkan bersama feses. Energi kotor dalam feses disebut sebagai *fecal energy*. Energi feses ini selain berasal dari pakan yang tidak dicerna juga berasal dari saluran pencernaan yang berupa mukosa, enzim dan bakteri. Pakan ikan umumnya menghasilkan energi feses sebesar 10 – 40% dari energi kotor (energi yang dikonsumsi). Apabila data kecernaan energi dan nutrien pada ikan diketahui, maka total energi feses dapat dihitung dengan rumus:

$$Ef = (100\% - Ed) \times Ec$$

Dimana :

Ef = energi feses

Ed = kecernaan energi

Ec = energi bruto

Energi tercerna (DE) adalah berapa banyak IE yang dapat dicerna dengan cara mengurangi IE bahan pakan dengan GE feses. Satuan DE

adalah Mkal DE/kg BK. Tidak semua energi yang dicerna akan diserap. Energi termetabolis (ME) adalah energi kotor dari pakan yang dapat digunakan oleh tubuh. Sebagian besar atau bahkan seluruh energi yang dapat dimetabolisasi akan digunakan untuk proses metabolisme. Kebutuhan energi untuk metabolisme harus dipenuhi dahulu dan apabila berlebih dapat digunakan untuk pertumbuhan. Rumus energi termetabolisme adalah :

ME = Ei – (EVf + EVu)

ME = metabolizable energi

Ei = energi yang dikonsumsi

Ef = energi feses

Eu = energi terbuang lewat ekskresi nitrogen

Produksi panas (HE) adalah energi yang berupa kenaikan produksi panas yang terjadi akibat proses metabolisme dan fermentasi dari zat-zat makanan. Sampai dengan pengukuran ME, pengukuran dengan teknik bom kalorimeter dapat digunakan. Pengukuran HE tidak dapat lagi menggunakan bom kalorimeter, namun dengan teknik kalorimetri hewan. Kenaikan produksi panas ini sebagian besar berasal dari metabolisme zat-zat makanan dalam tubuh. Energi termetabolis digunakan untuk aktivitas/pemeliharaan/hidup pokok (maintenance) atau untuk pemeliharaan/hidup pokok beserta produksi. Secara umum energi untuk pemeliharaan/hidup pokok disebut NEm dan energi untuk tumbuh dan bereproduksi disebut RE. Ikan membutuhkan energi secara kontinyu untuk maintenance tanpa melihat apakah ikan mengkonsumsi pakan atau tidak. Ikan yang sedang dipuasakan akan memperoleh energi dari cadangan energi tubuh. Energi maintenance digunakan untuk metabolisme basal, dan menyokong tubuh pada saat istirahat. Metabolisme basal adalah

tingkat pembelanjaan energi minimal untuk mempertahankan struktur dan fungsi jaringan tubuh agar hewan tetap survive.

NEm dalam tubuh digunakan untuk tetap dalam kondisi keseimbangan. Dalam tingkat ini tidak terjadi penambahan atau pengurangan energi dalam jaringan tubuh. Nilai NEm umumnya ditentukan dengan mengukur produksi panas ikan percobaan yang berstatus gizi baik, dipuasakan, ada dalam lingkungan termonetral dan beristirahat. Produksi panas ikan yang berada dalam kondisi seperti itu disebut "*Basal Metabolic Rate*". RE digunakan untuk kerja diluar kemauan, pertambahan bobot jaringan (pertumbuhan, atau produksi lemak), telur dan sebagainya.

Energi aktivitas pada ikan adalah energi untuk aktivitas berenang. Energi yang dikeluarkan untuk berenang dapat mengurangi porsi energi yang sebenarnya dapat digunakan untuk menyusun jaringan tubuh yang baru. Energi berenang tersebut dapat melebihi jumlah energi yang dikonsumsi dan untuk keseimbangannya maka energi dipasok dari cadangan energi.

Dari berbagai ketentuan diatas diartikan bahwa semua energi yang terdapat dalam feses dan dalam urin dianggap hanya berasal dari pakan saja, dengan demikian maka nilai DE, ME dan NE bukan merupakan nilai energi yang sebenarnya, akan tetapi merupakan nilai energi semu atau nilai yang tampak atau *apparent energy*. Oleh karena itu untuk nilai energi yang sebenarnya atau *true energy* harus dikoreksi terlebih dahulu dengan energi yang berasal dari bukan sisa pakan atau yang disebut energi endogenous. Energi umumnya diperoleh dari zat-zat makanan karbohidrat, lemak dan protein.

Lemak menyediakan energi dua kali lipat per gram mol dibandingkan dengan karbohidrat dan protein. Setiap gram mol lemak akan menghasilkan energi sebesar sekitar 9 kkal dibandingkan dengan 4 kkal pada karbohidrat dan protein.

Energi Metabolisme

Tingkat kebutuhan energi pada ikan biasanya dikaitkan dengan tingkat kebutuhan protein optimal dalam pakan. Dalam dunia akuakultur biasa disebut dengan protein energi ratio (P/e). Nilai protein energi ratio pada ikan konsumsi sebaiknya berkisar antara 8 – 10. Nilai ini diperoleh dari hasil perhitungan antara kadar protein dalam pakan dengan jumlah energi yang diperoleh dalam formulasi pakan tersebut pada level energi yang dapat dicerna (DE). Nilai energi yang diperhitungkan tersebut biasa disebut dengan energi metabolisme. Energi metabolisme ini diperoleh setelah nutrien utama karbohidrat, lemak, dan protein mengalami beberapa proses kimia seperti katabolisme dan oksidasi di dalam tubuh hewan. Energi bebas digunakan untuk pemeliharaan pada proses kehidupan seperti metabolisme sel, pertumbuhan, reproduksi dan aktifitas fisik. Keseimbangan antara energi dan protein sangat penting dalam meningkatkan laju pertumbuhan ikan budidaya. Apabila kandungan energi dalam pakan berkurang maka protein dalam tubuh ikan akan dipecah dan dipergunakan sebagai sumber energi. Seperti kita ketahui pada ikan protein sangat berperan dalam pembentukan sel baru, jika protein dipakai sebagai sumber energi maka akan menyebabkan pertumbuhan ikan terhambat. Oleh karena itu jumlah energi yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan pemeliharaan ikan

budidaya sangat dipengaruhi oleh jenis ikan, umur ikan, komposisi pakan, tingkat reproduksi dan tingkat metabolisme standar.

Energi di dalam tubuh organisme biasanya akan diubah menjadi energi kimia yang biasa disebut dengan Adenosin Triphosphat atau ATP. ATP ini sangat dibutuhkan oleh tubuh untuk berbagai aktivitas misalnya proses kehidupan biokimia seperti anabolisme atau sintesa, daya mekanis, tenaga elektris, kerja osmotik dan proses metabolisme lainnya. ATP adalah suatu energi yang kaya akan molekul karena unit triphosphatnya berisi dua ikatan phosphoanhydride. Adenosin triphosphat (ATP) adalah daya penggerak penting karena merupakan energi yang yang dibutuhkan dalam proses biokimia pada kehidupan.

Ikan merupakan organisme air yang menggunakan protein sebagi sumber energi utama berbeda dengan manusia yang menggunakan karbohidrat sebagai sumber energi utama. Oleh karena itu dalam menyusun pakan ikan ada suatu parameter yang disebut dengan keseimbangan energi yang diperoleh dari perhitungan nilai energi yang dapat dicerna dibagi dengan kadar protein pakan ikan.

Nilai energi dari setiap kandungan nutrisi pada ikan sangat berbeda, seperti berdasarkan hasil penelitian dari satu gram protein akan memberikan nilai energi kotor (GE) sebesar 5,6 kkal/g, sedangkan untuk satu gram lemak adalah 9,4 kkal/g dan untuk satu gram karbohidrat adalah 4,1 kkal/g. Nilai energi ini merupakan nilai energi yang diperoleh apabila zat makanan secara sempurna dibakar menjadi hasil-hasil oksidasi melalui CO_2, H_2O dan gas lainnya. Nilai energi ini tidak bisa berlaku untuk semua ikan, karena setiap ikan

mempunyai daya cerna yang berbeda terhadap pakan yang diberikan. Menurut Buwono (2004) distribusi energi pada ikan budidaya dapat dikelompokkan sebagai berikut :

- *Gross Energy* adalah 100%
- *Digestible Energy* adalah 85%
- *Fecal Energy* untuk ikan herbivora adalah 15% sedangkan untuk ikan karnivora adalah 20%
- *Metabolizable Energy* adalah 80%
- *Metabolic Excretion* berkisar antara 3 – 5%
- *Net Energy* adalah 52,5 %
- *Heat Increment Energy* adalah 27,5%

Jika pakan yang dikonsumsi oleh ikan masuk ke dalam tubuh ikan sebagai energi kotor yang secara distribusi energi adalah 100% maka konversi energi untuk satu gram protein pada DE adalah 80% dikali 5,6 kkal/g yaitu 4,48 atau 4,5 kkal/g, sedangkan untuk karbohidrat adalah 80% dikali 4,1 kkal/g yaitu 3,8 kkal/g, untuk satu gram lemak adalah 80% dikali 9,4 kkal/g yaitu 7,52 kkal/g. Berdasarkan hasil penelitian pada beberapa jenis ikan ternyata nilai konversi energi ini sangat berbeda untuk setiap jenis ikan yang dibudidayakan. Oleh karena itu dalam menghitung jumlah energi yang dibutuhkan untuk ikan harus memperhitungkan daya cerna atau kecernaan ikan tersebut terhadap protein, karbohidrat dan lipid. Kecernaan zat nutrisi ini akan menentukan keterserapan energi yang diperoleh dari pakan buatan. Sebaiknya pakan buatan yang diberikan tersebut dapat dicerna dengan optimal. Nilai kecernaan zat nutrisi pada ikan salmon dan ikan lele berdasarkan hasil penelitian dapat terlihat pada Tabel 42 dan 43.

Tabel 42. Kebutuhan energi untuk ikan Salmon

Nutrient	Gross Energy (kkal/g)	Digestibility (persent)	Available (kkal/g)
Protein	5,6	70	3,9
Lemak	9,4	85	8,0
Karbohidrat	4,1	40	1,6

Tabel 43. Kebutuhan energi untuk ikan Catfish

Nutrient	Gross Energy (kkal/g)	Digestibility (persent)	Available (kkal/g)
Protein	5,6	80	4,5
Lemak	9,4	90	8,5
Karbohidrat	4,1	70	2,9

Berdasarkan data dari tabel diatas maka dapat diambil suatu kesimpulan bahwa setiap jenis ikan mempunyai daya cerna yang berbeda pada nutrisi yang dikonsumsinya. Pada ikan salmon merupakan salah satu jenis ikan karnivora mempunyai kecernaan yang rendah terhadap karbohidrat sehingga energi yang diperoleh dari karbohidrat hanya dapat dicerna sebanyak 40%, sedangkan ikan catfish merupakan salah satu jenis ikan omnivora mempunyai kemampuan mencerna karbohidrat lebih tinggi dibandingkan dengan ikan karnivora yaitu 70%.

c. Rangkuman

Sistem pencernaan biota air bervariasi berdasarkan pada kebiasaan makan biota air di alam. Berdasarkan kebiasaan makannya jenis pakan biota air dapat dikelompokkan menjadi tiga yaitu herbivora,

omnivora dan karnivora. Kelompok herbivora adalah kelompok biota air yang lebih menyukai pakan ikan yang bahan bakunya berasal dari sumber nabati. Kelompok carnivora adalah kelompok biota air yang lebih menyukai pakan ikan yang bahan bakunya berasal dari sumber hewani. Sedangkan kelompok biota omnivora adalah kelompok biota air yang makanan yang dimakan komposisinya berasal dari bahan baku hewani dan nabati.

Proses metabolisme zat nutrisi yang dikonsumsi oleh biota air agar dapat menghasilkan energi melalui tiga proses yaitu proses katabolisme, proses anabolisme dan proses amfibolik. Energi yang dihasilkan dari makanan yang dimakan ini dalam tubuh biota air akan terditribusi menjadi Energi kotor Gross Energy adalah 100%, Digestible Energy adalah 85%, Fecal Energy untuk ikan herbivora adalah 15% sedangkan untuk ikan karnivora adalah 20%, Metabolizable Energy adalah 80%, Metabolic Excretion berkisar antara 3 – 5%, Net Energy adalah 52,5 % dan Heat Increment Energy adalah 27,5%. Jadi energi yang diperoleh dari pakan ini akan digunakan untuk pertumbuhan hanya 52,5%.

3. Tugas

b. Buatlah paper tentang jenis-jenis sistem pencernaan biota air yang ada di perairan sekitar sekolah secara berkelompok .

c. Buatlah paper tentang proses metabolisme pada ikan dikaitkan dengan sistem pencernaan ikan yang dibudidayakan secara individu.

d. Buatlah paper tentang pemanfaatan energi pada ikan yang dibudidayakan di sekitar sekolah atau diwilayah anda secara berkelompok.

e. Buatlah paper tentang perhitungan energi pakan yang diberikan pada ikan budidaya di sekolah secara berkelompok.

4. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan di bawah ini dengan cara memilih salah satu jawaban yang paling benar!

1. Organ pencernaan pada udang berbeda dengan biota air lainnya yaitu letak lambung yang terdapat pada tubuhnya yaitu pada bagian:
   A. Kepala
   B. Perut
   C. Abdomen
   D. Ekor

2. Mengapa biota air dapat mencerna makanannya sebelum masuk ke dalam lambung?.
   A. Ada mulut di depan
   B. Ada saliva yang berfungsi sebagai pelumas
   C. Ada gigi yang berfungsi memotong
   D. Ada lambung yang berfungsi menampung makanan

3. Bagaimanakah makanan yang dimakan bisa masuk ke dalam tubuh biota air?.
   A. Proses pencernaan di lambung
   B. Proses penyerapan di usus halus
   C. Proses pemotongan di gigi
   D. Proses pengunyahan di mulut

4. Kelompok biota air yang lebih menyukai pakan yang bahan bakunya berasal dari sumber hewani adalah:
   A. Herbivora
   B. Omnivora

C. Karnivora

D. Detritivor

5. Kelompok biota air yang lebih menyukai pakan yang bahan bakunya berasal dari sumber nabati adalah:

   1. Herbivora
   2. Omnivora
   3. Karnivora
   4. Detritivor

6. Jenis ikan yang termasuk dalam kelompok herbivora antara lain adalah:

   A. Grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*)

   B. Lele lokal (*Clarias batrachus*)

   C. Lele Amerika (*Ictalurus punctatus*)

   D. Ikan kakap (*Lates calcarifer*)

7. Jenis ikan omnivora mempunyai ukuran usus beberapa kali panjang tubuhnya yaitu:

   A. 1-2 kali panjang tubuh

   B. 2-3 kali panjang tubuh

   C. 3-4 kali panjang tubuh

   D. 4-5 kali panjang tubuh

8. Proses penyerapan zat nutrisi melalui dinding usus halus selanjutnya memasuki lintasan proses penyerapan dan langsung menuju hati. Proses penyerapan tersebut adalah:

   A. Sistem Hepatik

   B. Sistem Limfatik

C. Sistem Portal Hepatik

D. Sistem Portal Limfatik

9. Makanan yang diserap oleh tubuh biota air akan mengalami proses penguraian zat nutrisi yang disebut dengan istilah...

A. Katabolisme

B. Anabolisme

C. Metabolisme

D. Amfibolik

10. Makanan yang dimakan oleh biota air akan menghasilkan energi. Untuk memperoleh energi tersebut maka dalam prosesnya harus masuk ke dalam siklus Krebs. Proses tersebut adalah:

A. Katabolisme

B. Anabolisme

C. Metabolisme

D. Amfibolik

11. Zat nutrisi protein akan dipecah menjadi gugus yang sederhana dengan bantuan enzim menjadi ...

A. Glukosa

B. Asam amino

C. Gliserol

D. Asam lemak

12. Enzim yang berperan memecah karbohidrat menjadi gugus yang lebih sederhana adalah:

A. Amilase

B. Saliva

C. Protease

D. Lipase

13. Triglycerida dalam proses penyerapan lipid akan membentuk ..... karena lemak di dalam tubuh tidak dapat larut dalam air, adalah:

A. Tri Acy Gliserol

B. Chylomicron

C. Kolesterol

D. Lipoprotein

14. Metabolisme asam amino terjadi dalam tiga lintasan yaitu dua lintasan proses katabolisme dan satu lintasan proses anabolisme. Proses katabolisme yang terjadi adalah:

A. Glikolisis

B. Glukoneogenesis

C. Glikogenesis

D. Glukolisis

15. Zat nutrisi yang berperan sebagai *Protein Sparing Effect* adalah:

A. Protein

B. Karbohidrat

C. Lipid

D. Vitamin

16. Energi total yang berasal dari bahan makanan yang dikonsumsi oleh biota air adalah:

A. Gross Energy

B. Digestible Energy

C. Metabolizable Energy

D. Net energy

17. Energi yang digunakan untuk kegiatan pembuangan hasil eksresi pada ikan herbivora adalah:

    A. 10%

    B. 15%

    C. 20%

    D. 25%

18. Energi yang diperoleh dari zat-zat mkanan sumber karbohidrat menghasilkan energi sebesar adalah:

    A. 4 kkal/g

    B. 6 kkal/g

    C. 8 kkal/g

    D. 10 kkal/g

19. Protein energi ratio (P/e) pada ikan konsumsi yang memberikan pertumbuhan yang optimal adalah:

    A. 4-6

    B. 6-8

    C. 8-10

    D. 10-12

20. Pemanfaatan energi yang digunakan untuk tumbuh dan berkembang biota air diperoleh dari:

    A. Gross Energy

    B. Digestible Energy

    C. Metabolizable Energy

    D. Net energy

21. Pemanfaatan energi yang diperoleh dari makanan akan dipergunakan sebagai energi yang dicerna adalah:

A. *Gross Energy*

B. *Digestible Energy*

C. *Metabolizable Energy*

D. *Net energy*

22. Pemanfaatan energi yang berasal dari makanan akan menghasilkan energi, energi yang dipergunakan untuk kegiatan metabolisme dan metabolic exrection adalah:

A. *Gross Energy*

B. *Digestible Energy*

C. *Metabolizable Energy*

D. *Net energy*

23. Jika pakan yang dikonsumsi oleh ikan memperoleh energi untuk satu gram protein DE adalah 80% maka energi yang berasal dari karbohidrat dan protein adalah:

A. 3,8 kkal/g dan 4,5 kkal/g

B. 3,8 kkal/g dan 4,0 kkal/g

C. 4,5 kkal/g dan 3,8 kkal/g

D. 4,0 kkal/g dan 3,8 kkal/g

24. Kebutuhan energi kotor yang dibutuhkan oleh ikan dari kelompok *catfish* dalam setiap gram pakan adalah:

A. 17,1 kkal

B. 18,1 kkal

C. 19,1 kkal

D. 20,1 kkal

25. Kebutuhan energi yang dapat dicerna pada ikan salmon dalam setiap gram pakan adalah:
    A. 12,5 kkal
    B. 13,5 kkal
    C. 14,5 kkal
    D. 15,5 kkal

26. Energi yang dibutuhkan ikan untuk proses pembuangan urine dan insang adalah:
    A. 1-3%
    B. 3-5%
    C. 5-7%
    D. 7-9%

27. Untuk aktivitas kegiatan harian seperti berenang, bernafas biota air membutuhkan energi yang disebut dengan istilah adalah:
    A. *Net Energy*
    B. *Intake Energy*
    C. *Heat Increment Energy*
    D. *Metabolic Excretion*

28. Distribusi energi untuk *Heat Increment* (HiE) atau dengan kata lain dalam proses fisiologis ikan yang disebut dengan *Specific Dynamic Action* yaitu energi yang diperlukan oleh ikan untuk aktivitas hidup harian ikan adalah:
    A. 12,5%
    B. 17,5%

C. 22,5%

D. 27,5%

29. Jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur satu gram air dari 14,5°C menjadi 15,5°C adalah:

A. 1 kalori

B. 1 kilokalori

C. 1 megakalori

D. 1 kilojoule

30. Energi terbesar dari komposisi bahan baku pakan berasal dari sumber bahan baku yang banyak mengandung..adalah:

A. Protein

B. Lipid

C. Karbohidrat

D. Vitamin

Kunci Jawaban Tes Formatif

No.	Jawaban	No.	Jawaban
1.	A	16.	A
2.	B	17.	B
3.	B	18.	A
4.	C	19.	C
5.	A	20.	D
6.	A	21.	B
7.	B	22.	C
8.	C	23.	A
9.	A	24.	C
10.	D	25.	B
11.	B	26.	B
12.	A	27.	C
13.	B	28.	D
14.	B	29.	B
15.	B	30.	B

5. Lembar Kerja Peserta Didik

Judul : Mengamati daya cerna pakan

Waktu : 6 jam

Pendahuluan

Pencernaan adalah proses penyederhanaan makanan melalui mekanisme fisik dan kimiawi sehingga makanan menjadi bahan yang mudah diserap dan diedarkan ke seluruh tubuh melalui sistem peredaran darah. Pencernaan secara fisik atau mekanik dimulai di bagian rongga mulut dengan berperannya gigi dalam proses pemotongan dan pengerusan makanan. Pencernaan secara mekanik ini dilanjutkan di segmen lambung dan usus yaitu dengan adanya gerakan-gerakan/konstraksi otot pada segmen tersebut. Pencernaan secara mekanik di segmen lambung dan usus terjadi secara efektif. Pencernaan secara kimiawi dimulai di bagian lambung. Hal ini dikarenakan cairan digestif yang berperan dalam pencernaan secara kimiawi mulai dihasilkan di segmen lambung. Pencernaan ini selanjutnya disempurnakan segmen usus. Cairan digestif yang berperan dalam pencernaan di segmen usus berasal dari hati dan dinding usus itu sendiri.

Penentuan kecernaan pakan adalah dengan membandingkan kadar nutrisi atau energi pakan dengan kadar nutrisi atau energi feses. Penentuan daya cerna ini bisa dilakukan secara langsung dengan pengukuran jumlah pakan yang dikonsumsi untuk dibandingkan dengan jumlah feses yang diekskresikan. Penentuan daya cerna

secara langsung dianggap sulit dan memakan waktu lama karena pengumpulan feses dilakukan dengan stripping, menghisap feses lewat anus, atau dengan membedah ikan.

Pengukuran kecernaan secara tidak langsung lebih menguntungkan karena tidak memperhitungkan jumlah pakan yang dikonsumsi serta feses yang diekskresikan, tetapi didasarkan kepada kandungan indikator dalam pakan dan feses. Kecernaan secara tidak langsung dihitung berdasarkan perbandingan indikator yang terdapat pada pakan dengan indikator yang terdapat pada feses. Indikator yang digunakan adalah bahan yang tidak dapat dicerna, diserap atau masuk ke dalam lendir usus, tidak berubah secara kimiawi, dapat dianalisa dan dapat melewati saluran pencernaan. Indikator yang digunakan mengukur daya cerna yang digunakan secara tidak langsung adalah Cr_2O_3 dan lignin. Biasanya indikator yang sering digunakan adalah Cr_2O_3 sebesar 0,5 dalam pakan uji.

Tujuan

Peserta didik diharapkan mampu melakukan pengamatan kecernaan pakan buatan jika disediakan peralatan, bahan dan wadahnya sesuai dengan persyaratan teknis.

Alat dan bahan

- Akuarium
- Pakan buatan
- Cr_2O_3
- Aerator
- Selang aerasi dan batu aerasi
- Benih ikan
- Timbangan

- ATK
- Ikan herbivora
- Ikan karnivora
- Ikan omnivora

Keselamatan kerja

1. Kenakan pakaian praktek dan gunakan sarung tangan jika memegang bahan-bahan yang bersifat keras.
2. Hati-hati dalam menggunakan peralatan listrik dan melakukan kegiatan .

Langkah kerja

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan tersebut!
2. Ambil tiga jenis ikan yang berbeda (ikan kelompok herbivora, omnivira dan karnivora) dan lakukan pembedahan untuk melihat organ pencernaan pada ketiga jenis ikan tersebut.
3. Lakukan pengamatan dan ukurlah panjang usus dan bagian organ pencernaan lainnya serta gambar dan catat.
4. Bersihkan wadah/akuarium dan masukkan air bersih ke dalam akuarium dengan ketinggian air 40 cm.
5. Pasanglah aerator dan biarkan akuarium tersebut dierasi untuk meningkatkan kadar oksigen terlarut di akuarium.
6. Timbanglah biomassa ikan yang akan ditebar ke dalam akuarium.
7. Masukkan benih ikan yang telah ditimbang ke dalam akuarium.
8. Timbanglah pakan sesuai kebutuhan benih ikan dengan *Feeding Rate* sebesar 10% dan tambahkan indikator Cr_2O_3 sebanyak 1% dari total pakan yang dibutuhkan selama pemeliharaan misalnya 10 hari.

9. Lakukan pemberian pakan sesuai kebutuhan dengan Feeding Frekuensi 3 tersebut dan kumpulkan feses yang dikeluarkan setiap hari.
10. Lakukan penimbangan feses yang dihasilkan setiap hari dan catat sampai diperoleh data selama 10 hari pemeliharaan, jika tidak memungkinkan kegiatan ini dapat dilakukan untuk pemeliharaan selama minimal 24 jam.
11. Dari data yang telah dicatat tersebut lakukanlah perhitungan kecernaan total dengan rumus sebagai berikut:

$$D_A = 100 - \left\{100 \text{ x } \frac{Ip}{If} \text{ x } \frac{Np}{Nf}\right\}$$

D_A = Kecernaan Total
Ip = Persentase indicator dalam pakan
If = Persentase indicator dalam feses
Np = Persentase nutrien dalam pakan
Nf = Persentase nutrien dalam feses

KEGIATAN PEMBELAJARAN 3: Menganalisis jenis-jenis bahan baku pakan

A. Deskripsi

Tdk ada uraian deskripsi pada materi ini!

B. Kagiatan Belajar

1. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari Buku Teks Bahan ajar Siswa tentang menganalisis jenis-jenis bahan baku pakan, Siswa mampu:

1. Menjelaskan jenis-jenis bahan baku pakan ikan.
2. Menjelaskan kandungan nutrisi bahan baku pakan
3. Melakukan rekayasa bahan baku

2. Uraian Materi

a. jenis-jenis bahan baku

Bahan baku yang dapat digunakan dalam membuat pakan buatan ada beberapa macam. Dalam memilih beraneka macam bahan baku tersebut harus dipertimbangkan beberapa persyaratan. Persyaratan pemilihan bahan baku ini dapat dikelompokkan menjadi dua yaitu persyaratan teknis dan persyaratan sosial ekonomis.

Persyaratan teknis yang harus diperhatikan dalam memilih bahan baku untuk pembuatan pakan buatan adalah :

1) Mempunyai nilai gizi tinggi, dengan bahan baku yang bergizi tinggi akan diperoleh pakan yang dapat dicerna oleh ikan dan dapat menjadi daging ikan lebih besar dari 50%.
2) Tidak mengandung racun, bahan baku yang mengandung racun akan menghambat pertumbuhan ikan dan dapat membuat ikan mati.
3) Sesuai dengan kebiasaan makan ikan, bahan baku yang digunakan sebaiknya disesuaikan dengan kebiasaan makan ikan dialam, hal ini dapat meningkatkan selera makan dan daya cerna ikan.

Persyaratan sosial ekonomis yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan baku untuk pembuatan pakan buatan adalah :

1) Mudah diperoleh
2) Mudah diolah
3) Harganya relatif murah
4) Bukan merupakan makanan pokok manusia, sehingga tidak merupakan saingan.
5) Sedapat mungkin memanfaat-kan limbah industri pertanian

Jenis-jenis bahan baku yang digunakan dalam membuat pakan buatan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yaitu bahan baku hewani, bahan baku nabati dan bahan baku limbah industri pertanian.

Bahan baku hewani adalah bahan baku yang berasal dari hewan atau bagian-bagian tubuh hewan. Bahan baku hewan

ini merupakan sumber protein yang relatif lebih mudah dicerna dan kandungan asam aminonya lebih lengkap dibandingkan dengan bahan baku nabati. Beberapa macam bahan baku hewani yang biasa digunakan dalam pembuatan pakan ikan antara lain adalah :

1) Tepung ikan
2) Silase ikan
3) Tepung udang
4) Tepung cumi-cumi
5) Tepung cacing tanah
6) Tepung benawa/kepiting
7) Tepung darah
8) Tepung tulang
9) Tepung hati
10) Tepung *Artemia*



Gambar 10. Ikan dan Tepung Ikan

Bahan baku nabati adalah bahan baku yang berasal dari tumbuhan atau bagian dari tumbuh-tumbuhan. Bahan nabati pada umumnya merupakan sumber karbohidrat, namun banyak juga yang kaya akan protein dan vitamin. Beberapa

macam bahan baku nabati yang biasa digunakan dalam pembuatan pakan ikan antara lain terdiri dari ;

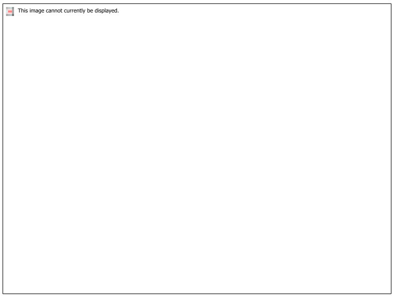
1) Tepung kedelai
2) Tepung jagung
3) Tepung terigu
4) Tepung tapioka
5) Tepung sagu
6) Tepung daun lamtoro
7) Tepung daun singkong
8) Tepung kacang tanah
9) Tepung beras



Gambar 11. Kedele dan tepung kedele



Gambar 12. Jagung dan Tepung jagung



Gambar 13. Pohon Gandum yang menghasilkan Pollard



Gambar 14. Sawit, bungkil kelapa sawit dipergunakan sebagai bahan baku



Gambar 15. Singkong

Bahan baku limbah industri pertanian adalah bahan baku yang berasal dari limbah pertanian baik hewani maupun nabati. Beberapa macam bahan limbah yang sering digunakan sebagai bahan baku pembuatan pakan ikan antara lain terdiri dari;

1) Tepung kepala udang
2) Tepung anak ayam
3) Tepung darah
4) Tepung tulang
5) Ampas tahu
6) Bungkil kelapa
7) Dedak halus
8) Isi perut hewan mamalia

Selain ketiga jenis bahan baku tersebut untuk melengkapi ramuan dalam pembuatan pakan buatan biasanya diberikan beberapa bahan tambahan. Jumlah bahan tambahan (*feed additive*) yaitu bahan makanan atau suatu zat yang ditambahkan dalam komposisi pakan untuk meningkatkan kualitas dari pakan tersebut. Jumlah bahan tambahan yang digunakan biasanya relative sedikit tetapi harus ada dalam meramu pakan buatan. Jenis-jenis bahan tambahan antara lain terdiri dari :

- Vitamin dan mineral, vitamin dan mineral dibutuhkan dalam jumlah sedikit karena tidak dapat dibuat sendiri oleh tubuh ikan maka dalam pembuatan pakan harus ditambahkan. Jumlah pemberian vitamin dan mineral dalam pakan buatan berkisar antara 2 – 5%. Vitamin dan mineral untuk membuat pakan ikan dapat dibuat sendiri yang disebut vitamin premix atau membelinya di toko.

Vitamin dan mineral dijual ditoko penggunaannya sebenarnya untuk ternak tetapi dapat juga digunakan untuk ikan. Merek dagang vitamin dan mineral tersebut antara lain adalah Aquamix, Rajamix, P fizer Premix A, P frizer Premix B, Top Mix dan Rhodiamix 273.

- Antioksidan, antioksidan adalah zat antigenik yang dapat mencegah terjadinya oksidasi pada makanan dan bahan-bahan makanan. Penggunaan antioksidan dalam pembuatan pakan ikan bertujuan untuk mencegah penurunan nilai nutrisi makanan dan bahan-bahan makanan ikan serta mencegah terjadinya ketengikan lemak atau minyak, serta untuk mencegah kerusakan vitamin yang larut dalam lemak. Dalam memilih jenis antioksidan yang akan digunakan harus diperhatikan beberapa syarat berikut yaitu ;

- Antioksidan harus efektif dalam mencegah proses oksidasi dari makanan ikan yang mengandung lemak dan unit yang larut dalam lemak.
- Tidak bersifat racun bagi ikan
- Harus efektif dalam konsentrasi rendah
- Mempunyai nilai ekonomis

Jenis antioksidan yang biasa digunakan dalam pembuatan pakan buatan adalah BHA (*Butil Hidroksi Anisol*) dan BHT (*Butil Hidroksi Toluene*). Jumlah yang aman digunakan sebaiknya adalah 200 ppm atau 0,02% dari kandungan lemak dalam pakan, sedangkan jenis antioksidan lainnya yaitu Etoksikuin dapat digunakan sebesar 150 mg/kg pakan. Selain

itu vitamin C saat ini merupakan salah satu jenis vitamin yang dapat berfungsi sebagai antioksidan.

- Bahan pengikat (*Binder*), penambahan bahan pengikat di dalam ramuan pakan buatan berfungsi untuk menarik air, memberikan warna yang khas dan memperbaiki tekstur produk. Jenis bahan pengikat yang dapat digunakan antara lain adalah : agar-agar, gelatin, tepung kanji, tepung terigu, tepung maizena, *Carboxymethyl Cellulose* (CMC), karageenan, asam alginat. Jumlah penggunaan bahan pengikat ini berkisar antara 5 – 10%.
- Asam amino essensial sintetik, adalah asam-asam amino yang sangat dibutuhkan sekali oleh ikan untuk pertumbuhannya dan tidak dapat diproduksi oleh ikan. Asam amino ini dapat diperoleh dari hasil perombakan protein, protein tersebut diperoleh dari sumber bahan baku hewani dan nabati. Tetapi ada sumber bahan baku yang kandungan asam aminonya tidak mencukupi. Oleh karena itu bisa ditambahkan asam amino buatan/sintetik ke dalam makanan ikan. Jenis asam amino essensial tersebut adalah : Arginine, Histidine, Isoleucine, Lysine, Methionine, Phenylalanine, Threonine, Tryptophan, Valine dan Leucine.
- Pigmen, adalah zat pewarna yang dapat diberikan dalam komposisi pakan buatan yang peruntukkannya untuk pakan ikan hias, dimana pada ikan hias yang dinikmati adalah keindahan warna tubuhnya sehingga dengan menambahkan pigmen tertentu ke dalam pakan buatan akan memunculkan warna tubuh ikan hias yang indah sesuai dengan keinginan pembudidaya. Jenis pigmen yang ada dapat diperoleh dari bahan-bahan alami atau sintetik

seperti pigmen karoten , astaxantin dan sebagainya. Dosis pemberian pigmen dalam komposisi pakan biasanya berkisar antara 5 – 10%.

- Antibiotik, adalah zat atau suatu jenis obat yang biasa ditambahkan dalam komposisi pakan untuk menyembuhkan ikan yang terserang penyakit oleh bakteri. Dengan pemberian obat dalam pakan yang berarti pengobatan dilakukan secara oral mempermudah pembudi-daya untuk menyembuhkan ikan yang sakit. Dosis antibiotik yang digunakan sangat bergantung pada jenis penyakit dan ukuran ikan yang terserang penyakit.
- *Attractant*s adalah suatu zat perangsang yang biasa ditambahkan dalam komposisi pakan udang/ikan laut. Seperti diketahui udang merupakan organisme yang hidupnya di dasar dan untuk menarik perhatiannya terhadap pakan buatan biasanya ditambahkan zat perangsang agar pakan buatan tersebut mempunyai bau yang sangat menyengat sehingga merangsang udang/ikan laut untuk makan pakan ikan tersebut. Beberapa jenis *attractant* yang biasa digunakan dari bahan alami atau sintetis antara lain adalah terasi udang, kerang darah, glysine 2%, asam glutamate, cacing tanah atau sukrosa.
- Hormon, adalah suatu bahan yang dikeluarkan oleh kelenjar endokrin dan ditransportasikan melalui pembuluh darah ke jaringan lain dimana beraksi mengatur fungsi dari jaringan target. Ada banyak jenis hormon yang terdapat pada makhluk hidup. Penggunaan hormon dalam pakan buatan yang telah dicoba pada beberapa ikan antara lain ikan bandeng dan ikan kerapu adalah pembuatan pakan

dalam bentuk pelet kolesterol, dimana pada pakan buatan tersebut ditambahkan hormon yang bertujuan untuk mempercepat tingkat kematangan gonad, hormon yang digunakan adalah kombinasi antara 17 α-metiltestosteron dan a-LHRH.

Bahan baku yang dipergunakan untuk membuat pakan ikan ini berdasarkan pengamatan pengusaha pakan ikan, masih banyak bahan baku yang dibeli di luar negeri (import) dan bahan baku lokal yang banyak terdapat di Indonesia.
Jenis bahan baku import dan bahan baku lokal dapat dilihat pada gambar ...



Gambar 16. Bahan baku import dan bahan lokal

b. Kandungan Nutrisi Jenis-jenis Bahan Baku

Selain mengetahui jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan adalah mengetahui kandungan nutrisi dari bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan. Kandungan nutrisi bahan baku dapat diketahui dengan melakukan analisa proximat terhadap bahan baku tersebut. Dari hasil analisa proximat akan diketahui kandungan zat gizi bahan baku yang meliputi : kadar air, kadar abu, kadar protein, kadar lemak, kadar serat kasar dan kadar bahan ekstra tanpa nitrogen (BETN). Adapun komposisi kandungan nutrisi bahan baku dapat dilihat pada Tabel 45, 46 dan 47.

Tabel 45. Kandungan Nutrisi Bahan Baku Nabati

NO	JENIS BAHAN BAKU	PROTEI %	KARBOHIDRAT %	LEMAK %
1.	Dedak padi	11,35	28,62	12,15
2.	Dedak gandum	11,99	64,78	1,48
3.	Cantel	13,00	47,85	2,05
4.	Tepung terigu	8,90	77,30	1,30
5.	Tepung kedelai	39,6	29,50	14,30
6.	Tahu	7,80	1,60	4,60
7.	Tepung sagu	7,25	77,45	0,55
8.	Bungkil kelapa	17,09	23,77	9,44
9.	Biji kapok randu	27,40	18,60	5,60
10.	Biji kapas	19,40	-	19,50
11.	Tepung daun turi	27,54	21,30	4,73
12.	Tepung daun lamtoro	36,82	16,08	5,40
13.	Tepung daun singkong	34,21	14,69	4,60
14.	Tepung jagung	7,63	74,23	4,43
15.	Kanji	0,41	86,40	0,54

Tabel 46. Kandungan Nutrisi Bahan Baku Hewani

NO	JENIS BAHAN BAKU	PROTEIN %	KARBOHIDRAT %	LEMAK %
1.	Tepung ikan import	62,65	5,81	15,38
2.	Tepung rebon	59,40	3,20	3,60
3.	Benawa/kepiting	23,38	0,06	25,33
4.	Tepung ikan mujair	55,6	7,36	11,2
5.	Ikan teri kering	63,76	4,1	3,7
6.	Ikan petek kering	60,0	2,08	15,12
7.	Tepung kepiting	53,62	13,15	3,66
8.	Tepung cumi	62,21	-	-
9.	Tepung ikan kembung	40,63	1,26	5,25
10.	Rebon basah	13,37	1,67	1,52
11.	Tepung bekicot	54,29	30,45	4,18
12.	Tepung cacing tanah	72,00	-	-
13.	Tepung artemia	42,00	-	-
14.	Telur ayam/itik	12,80	0,70	11,50
15.	Susu	35,60	52,00	1,00

Tabel 47. Kandungan Nutrisi Bahan Baku Limbah Pertanian

NO	JENIS BAHAN BAKU	PROTEIN %	KARBOHIDRAT %	LEMAK %
1.	Isi perut hewan mamalia	8,39	5,54	53,51
2.	Tepung anak ayam	61,65	-	27,3
3.	Bungkil kelapa sawit	18,7	64	4,5
4.	Tepung kepala udang	53,74	0	6,65
5.	Tepung anak ayam	61,56	-	27,30
6.	Tepung kepompong ulat sutera	46,74	-	29,75
7.	Bungkil kacang tanah	49,5	28,3	11,4
8.	Tepung darah	71,45	13,32	0,42
9.	Silase ikan	18,20	-	1,20
10.	Ampas tahu	23,55	43,45	5,54
11.	Bekatul	10,86	45,46	11,19
12.	Tepung menir	8,64	88,03	1,92

Bagaimanakah anda melakukan penyiapan bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan ? Apakah bahan baku itu? Untuk menjawab pertanyaan tersebut mari kita diskusikan dan pelajari materi dalam buku ini atau mencari Referensii lain dari buku, internet , majalah dan sebagainya.

Bahan baku adalah bahan yang akan digunakan untuk membuat pakan buatan . Bahan baku yang akan digunakan dapat disesuaikan dengan jenis ikan yang akan mengkonsumsi pakan buatan tersebut. Jenis-jenis bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan buatan untuk induk, larva dan benih ikan dapat dikelompokkan menjadi bahan baku hewani, nabati dan bahan tambahan. Jenis bahan baku yang akan digunakan untuk pembuatan pakan ikan laut biasanya berasal dari sumber hewani. Hal ini dikarenakan ikan-ikan laut merupakan organisme air yang bersifat karnivora yaitu organisme air yang makanan utamanya adalah berasal dari hewani dalam hal ini adalah ikan-ikan yang mempunyai ukuran tubuhnya lebih kecil dari yang mengkonsumsinya.

Berdasarkan kebiasaan makan pada setiap jenis ikan maka jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan untuk ikan karnivora atau herbivora/omnivora akan sangat berbeda dalam pemilihannya. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan oleh Tacon (1988) dalam Millamena et al (2000) telah direkomendasikan penggunaan beberapa bahan baku yang dapat digunakan berdasarkan kebiasaan makan ikan (Tabel 48)

Tabel 48. Rekomendasi penggunaan bahan baku untuk pakan ikan dan udang dalam % (Tacon, 1988)

Jenis bahan baku	Ikan karnivora	Ikan herbivora/ omnivora	Udang karnivora	Udang herbivora/ omnivora
Tepung Alfalfal	5	10	5	10
Tepung darah	10	10	10	10
Cassava/tepung	15	35	15	25
tapioka	15	25	15	25

Tepung kelapa	20	35	15	-
Tepung biji	15	20	15	20
jagung	15	20	10	15
Tepung maizena	10	15	10	15
Tepung biji	3	3	3	3
kapas	10	10	10	10
Penyulingan	Bebas	Bebas	20	35
jagung	15	10	15	15
Dicalsium	15	25	15	25
phosphate	50	50	25	20
Tepung bulu	20	25	15	20
ayam	15	20	15	20
Tepung ikan	20	25	15	20
Konsentrat	15	35	15	35
protein ikan	25	25	Bebas	Bebas
Tepung giling	Bebas	Bebas	Bebas	Bebas
Tepung hati	20	35	15	35
Tepung daging	25	35	20	30
dan tulang	35	40	20	30
Tepung limbah	20	35	20	35
peternakan	15	30	15	30
Tepung minyak	15	15	20	20
lobak	10	10	10	10
Tepung kulit	15	15	15	15
padi				
Tepung udang				
Tepung cumi				
Tepung gandum				
Tepung kedelai				
Tepung kedele				
penuh lemak				
Tepung terigu				

Biji gandum Tepung kanji Air dadih Yeast kering				

Ikan karnivora di alam akan memakan ikan yang lebih kecil ukurannya, di dalam suatu usaha budidaya biasanya diberikan ikan-ikan rucah. Kontinuitas ikan rucah di alam sangat bergantung kepada ketersediaan alam. Oleh karena itu pembuatan pakan buatan diharapkan mampu menggantikan kebutuhan ikan laut akan pakan. Bahan baku yang biasa digunakan untuk pakan buatan ikan laut antara lain dapat dilihat pada Tabel 49. Kandungan nutrisi bahan baku yang biasa digunakan untuk membuat pakan buatan dapat dilihat pada Tabel 49.

Tabel 49. Jenis dan Kandungan nutrisi bahan baku ikan karnivora

Jenis bahan	Kadar protein	Kadar lemak	Kadar karbohidrat	Kadar serat kasar	Kadar air	Kadar abu
Tepung	55,60	11,20	7,36	-	6,34	19,5
mujair	66,00	15,12	2,08	-	9,60	0
Tepung	63,76	3,70	4,10	-	10,2	13,2
petek	55,72	4,11	6,62	-	8	0
Tepung	40,36	5,25	1,26	-	4,95	18,2
teri	74,80	8,80	-	0	20,9	8
Tepung	43,95	5,11	0,26	17,4	0	28,6
tongkol	66,56	-	-	5	-	0
Tepung	93,00	1,40	-	-	6,53	31,9

kembun	37,42	6,26	47,51	1,10	-	6
g	0,41	0,54	73,24	-	-	3,40
Tepung	14,10	15,10	-	13,1	8,48	26,7
cumi	7,25	0,55	66,21	6	12,8	0
Tepung	8,21	2,13	83,12	12,8	0	-
kepala	10,86	11,19	34,73	0	-	7,10
udang	7,63	4,43	72,71	11,2	8,49	4,98
Tepung				4	1,32	1,55
kerang				2,26	12,6	12,8
Tepung				13,1	0	0
darah				6	11,0	1,53
Tepung				1,52	2	2,96
kedelai						1,55
Tepung						2,70
kanji						
Tepung						
beras						
Tepung						
sagu						
Tepung						
ketan						
Tepung						
dedak						
Tepung						
jagung						

Selain itu untuk menambah pengetahuan tentang jenis-jenis bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan ikan, berdasarkan hasil

analisa proksimat kandungan bahan baku pakan yang telah dilakukan pada laboratorium Southeast Asian Fisheries Development Center, Aquaculture Departement. Philipina dapat dilihat pada Tabel 50.

Tabel 50. Hasil analisa proksimat bahan baku (Millamena *et al*, 2000).

Jenis bahan baku	Kadar air	Kadar protein	Kadar lemak	Kadar serat kasar	Bahan Ekstra Tanpa Nitrogen	Abu
Sumber						
Hewani	10,3	64,1	6,5	0,8	8,5	20,1
Tepung	8,4	70,1	8,5	0,5	4,1	16,8
ikan lokal	9,5	73,9	9,4	0,3	2,4	14,0
Tepung	8,3	68,3	5,9	0,8	7,7	17,3
ikan chili	7,1	67,9	10,0	1,3	4,1	16,7
Tepung	9,4	65,4	8,0	0,8	8,8	17,0
ikan	7,2	69,0	7,6	0,6	4,8	18,0
danish	6,5	51,2	5,2	13,3	5,3	25,0
Tepung	8,2	68,6	3,9	3,6	7,6	16,3
ikan Peru	6,9	78,5	5,5	1,3	6,7	8,0
1	5,5	74,1	7,1	0,9	8,1	9,8
Tepung	7,6	62,5	1,7	1,2	4,7	29,9
ikan Peru	6,3	87,7	3,0	0,4	3,3	5,6
2	5,6	46,8	9,6	2,0	7,5	34,1
Tepung						
ikan tuna						

Tepung	4,4	25,7	5,6	21,2	41,7	5,8
ikan putih	7,2	17,2	3,0	27,7	42,9	9,2
Tepung	4,5	29,7	4,9	10,0	43,2	12,2
kepala	5,9	22,1	9,3	12,4	49,2	7,0
udang	7,8	25,1	6,8	10,6	44,0	13,5
Tepung	5,7	28,5	5,4	10,5	43,6	12,0
udang	3,5	30,4	8,4	8,3	43,7	9,2
Tepung	5,4	20,7	11,6	11,2	42,6	13,9
cumi	7,9	22,0	6,7	17,3	44,3	9,7
Tepung	8,0	23,0	1,3	4,1	67,5	4,1
kepiting	7,1	23,2	1,2	3,1	68,7	3,8
Tepung	7,7	24,1	1,1	3,8	67,1	3,9
kodok	5,0	26,5	0,8	4,0	64,6	4,1
Tepung	8,4	7,8	4,7	2,6	83,1	1,8
darah	11,9	0,4	0,2	1,1	98,2	0,1
Tepung	12,1	12,9	1,2	0,3	84,9	0,7
daging &	11,3	15,3	1,7	0,8	81,1	1,1
tulang	9,5	15,4	4,5	10,3	64,0	5,8
Nabati	6,0	27,8	4,3	3,4	59,6	4,9
Tepung	7,3	62,6	7,7	2,2	25,9	1,6
daun	9,2	13,3	14,1	8,5	53,4	10,7
akasia	7,0	3,3	2,0	32,4	41,6	20,7
Tepung	5,6	35,8	19,8	4,9	33,9	5,6
daun						
alfalfal						
Tepung						
daun						
camote						
Tepung						

daun cassava Tepung daun ipil Tepung daun kangkung Tepung malunggay Tepung daun pepaya Tepung copra Cowpea Mugbean hijau Mugbean kuning Butiran beras Tepung jagung Tepung tapioka Tepung roti Tepung terigu						

Tepung pollard Tepung biji gandum Tepung maizena Tepung beras Dedak Tepung jagung						

Jenis bahan baku	Kadar air	Kadar protein	Kadar lemak	Kadar serat kasar	Bahan Ekstra Tanpa Nitrogen	Abu
Sumber lainnya						
	7,2	89,7	0,1	0,3	8,9	1,0
Casein	4,2	37,9	4,1	10,7	8,9	38,4
Tepung	7,9	94,4	0,0	0,1	5,1	0,4
kepiting	5,9	64,6	8,6	3,0	12,5	11,8
Gelatin	4,4	54,6	9,4	4,0	20,1	11,9
Tepung	7,3	65,2	10,9	1,4	8,8	13,7
kerang	4,0	52,1	1,8	2,1	15,7	28,3
hijau	7,2	49,4	1,6	2,4	34,5	12,1
Tepung	8,3	55,2	0,8	1,7	35,1	7,4
Oyster						
Tepung						
scallops						
Tepung						
snail						
Ragi						
Breewer						
Ragi						
Candida						

Hasil analisa proksimat dari setiap bahan baku yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan dapat digunakan sebagai acuan dalam melakukan perhitungan formulasi pakan. Pada tabel sebelumnya telah

diuraikan tentang kadar karbohidrat dari setiap bahan baku pakan untuk memudahkan dalam menghitung jumlah energi dalam setiap formulasi. Seperti diketahui bahwa dari hasil analisa proksimat karbohidrat dibagi menjadi serat kasar dan bahan ekstrak tanpa nitrogen. Sedangkan untuk menghitung energi yang digunakan adalah kadar karbohidrat, tetapi untuk mengetahui daya cerna setiap bahan baku yang dapat digunakan untuk membuat pakan ikan adalah kadar serat kasar. Oleh karena itu pemahaman tentang bahan baku tersebut sangat penting.

Berdasarkan kandungan nutrisi pada bahan baku tersebut, jenis-jenis bahan baku dapat dikelompokan menjadi bahan baku sumber energi, bahan baku sumber protein nabati dan bahan baku sumber protein hewani. Pengelompokkan ini dikarenakan ikan membutuhkan energi dari tiga sumber zat gizi yaitu protein, karbohidrat dan lipid, tetapi ikan sumber energi utamanya adalah protein berbeda dengan manusia yang sumber energi utamnya adalah karbohidrat. Oleh karena itu dilakukan berbagai upaya oleh manusia untuk meningkatkan kandungan nutrisi bahan baku pakan khususnya protein. Selanjutnya kita akan membahas tentang rekayasa bahan baku yang sangat dibutuhkan untuk mencari alternatif-alternatif bahan baku yang mempunyai kadar protein tinggi tetapi murah dan bukan berasal dari tepung ikan. Berbagai macam bahan baku sumber energi dan sumber protein nabati dan hewani dapat dilihat pada Tabel 51.

Tabel 51. Kandungan nutrisi bahan baku berdasarkan sumber energi dan protein nabati serta protein hewani.

Bahan makanan	Energi metabolisme (kkal/kg)	Protein kasar (%)	Lemak kasar (%)	Serat kasar (%)	Air (%)	Ca (%)	P (%)
Sumber energi							
Jagung kuning	3,42 3,32	9,0 10,7	3,8 2,8	2,5 2,3	12,6 11,3	0,02 0,03	0,26 0,31

Sorgum Menir Padi Sagu Gaplek Dedak padi Dedak gandum Dedak jagung Molase	3,39 2,67 3,51 3,30 1,95 1,25 1,82 1,95	8,9 7,5 0,7 1,5 10,2 11,8 10,9 3,0	4,0 1,7 0,2 0,7 7,9 3,0 6,1 0,0	1,0 10,0 0,9 0,9 8,2 11,0 8,0 0,0	9,9 9,8 9,7 8,8 10,1 10,0 10,4 21,7	0,03 0,04 0,01 0,08 0,07 0.10 0,04 0,80	0,40 0,26 0,01 0,06 1,13 1,15 0,79 0,08
Sumber protein nabati							
Bungkil kelapa Bungkil kedelai Bungkil kacang tanah Kedelai Kacang hijau Tepung daun turi Tepung daun lamtoro	1,76 2,20 2,37 2,42 2,60 1,55 1,60	20,5 41,7 40,2 37,0 24,2 31,7 23,2	6,7 3,5 6,0 17,9 1,1 1,9 2,4	12,0 6,5 7,6 5,7 5,5 22,4 20,1	11,0 10,1 9,7 11,5 10,4 8,1 7,9	0,20 0,20 0,16 0,23 0,20 1,60 1.49	0,62 0,60 0,54 0,58 1,70 0,32 0,39
Sumber protein hewani							
Tepung ikan Tepung darah Tepung daging	2,42 2,24 1,91	53,9 80,1 50,0	4,2 1,6 8,6	1,0 1,0 2,8	10,7 0,28 6,10	5,37 0,28 6,10	2,90 0,20 4,10

Rekayasa bahan baku

Bahan yang akan digunakan untuk membuat pakan ikan disiapkan sesuai dengan jenis pakan ikan yang akan dibuat, jenis-jenis bahan baku yang harus disiapkan dapat dikelompokkan menjadi bahan baku hewani,

bahan baku nabati dan bahan baku hasil limbah pertanian serta bahan baku hasil rekayasa antara lain produk fermentasi seperti silase. Fermentasi adalah proses penguraian unsur organik kompleks terutama karbohidrat untuk menghasilkan energi melalui reaksi enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme, yang biasanya terjadi dalam keadaan anaerob dan diiringi dengan pembebasan gas . Menurut jenis mediumnya proses fermentasi dibagi menjadi dua yaitu fermentasi medium padat dan fermentasi medium cair. Fermentasi medium padat dimana medium yang digunakan tidak larut tetapi cukup mengandung air untuk keperluan mikroorganisme, sedangkan fermentasi medium cair adalah proses fermentasi yang substratnya larut atau tersuspensi di dalam fase cair. Dengan proses bioteknologi dengan teknik fermentasi dapat meningkatkan mutu gizi dari bahan-bahan yang bermutu rendah. Silase ikan adalah bentuk hidrolisa protein beserta komponen lain dalam ikan pada suasana asam sehingga organisme pembusuk tidak dapat hidup. Pembuatan silase ada 2 cara yaitu secara biologis dan secara kimiawi.

- Cara biologis : menambahkan bahan untuk sumber energi bakteri asam laktat yang diusahakan tumbuh untuk memfermentasi ikan
- Cara kimiawi : penambahan asam-asam mineral (asam kuat) dan asam-asam organik

Kandungan nutrisi silase bervariasi tergantung jenis ikan, bagian ikan yang dipergunakan, serta cara pembuatannya. Produk akhir silase berbentuk produk cair, untuk memudahkan penyimpanan dapat dijadikan tepung dengan cara penetralan menggunakan soda api dan filler (bahan pengikat seperti dedak padi atau pollard) dilanjutkan dengan pengeringan dan penepungan.

Bahan baku yang akan dipergunakan dalam membuat pakan ikan harus terlebih dahulu dilakukan analisis yang sangat menentukan kesinambungan proses produksi. Beberapa hal yang harus dilakukan penjajagan adalah :

- Besarnya jumlah bahan baku yang tersedia di sekitar daerah kawasan industri
- Besarnya bahan baku yang dapat disupply untuk kebutuhan produksi pakan ikan (jumlah dan kontinyuitas pasokan).
- Tingkat kualitas bahan baku yang dipersyaratkan sesuai kebutuhan produksi
- Proses pengiriman bahan baku

Berdasarkan jenis substrat yang digunakan, proses fermentasi dibedakan atas dua golongan yaitu fermentasi medium padat dan fermentasi cair. Fermentasi medium padat adalah proses fermentasi dengan menggunakan medium yang tidak larut, tetapi cukup mengandung air untuk keperluan mikroba. Fermentasi medium cair adalah proses fermentasi yang substratnya larut atau tersuspensi dalam fase cair. Keuntungan fermentasi menggunakan medium padat dibanding medium cair adalah kondisi media lebih mendekati kondisi lingkungan alami bagi pertumbuhan kapang. Beberapa keuntungan lain dari penggunaan medium padat antara lain : (a) hasil enzim per unit volume dari inkubator lebih tinggi, (b) tenaga yang diperlukan lebih sedikit, (c) keperluan pengawasan/kontrol minimum, (d) dari proses ekstraksi diperoleh larutan enzim berkonsentrasi tinggi, (e) peralatan lebih sederhana, (f) ”*scale up*”nya lebih mudah. Beberapa keuntungan lain pada penggunaan medium padat yakni (a) tidak memerlukan tambahan lain selain air, (b) persiapan inokulum lebih sederhana, (c) kontrol terhadap kontaminan lebih mudah, (d) kondisi medium mendekati keadaan tempat tumbuh

alami, (e) aerasi optimum dan sistem lebih mudah karena banyak ruangan yang terdapat antara setiap partikel dan substrat dan dapat pula dilakukan pengadukan atau pembalikan antara bagian bawah atau bagian atas serta, (f) tidak diperlukan kontrol pH maupun suhu yang teliti seperti yang dilakukan pada fermentasi media cair.

Pengolahan pangan dengan cara fermentasi telah dilakukan dari dahulu kala, seperti pembuatan tape, oncom, tempe dan sebagainya yang merupakan pangan khas Indonesia. Fermentasi kedelai menjadi tempe terjadi banyak perbaikan mutu, antara lain peningkatan kecernaan protein dan terbentuknya berbagai vitamin B. Makanan-makanan yang telah mengalami fermentasi biasanya mempunyai nilai gizi yang lebih tinggi dari pada bahan asalnya. Hal ini tidak hanya disebabkan oleh sifat mikroba yang katabolik maupun mengubah bahan organik kompleks seperti protein, karbohidrat dan lemak menjadi melekul-molekul yang lebih sederhana dan mudah dicerna, tetapi juga dapat mensintesis beberapa vitamin yang kompleks seperti riboflavin, piridoksin (vitamin B6), niasin, vitamin B12, asam panthotenat dan provitamin A. Selanjutnya juga dapat mengubah rasa dan aroma yang tidak disukai menjadi disukai, mempercepat pematangan dan dalam beberapa hal tertentu menambah daya tahan.

Berdasarkan pemikiran diatas, maka telah banyak dilakukan penelitian perbaikan nilai gizi dari berbagai bahan baku berkualitas rendah seperti singkong, onggok atau ampas singkong, sagu, ampas sagu kulit biji kopi, kulit coklat, lumpur sawit dan sabagainya, dengan proses fermentasi sistem padat. Perbaikan yang diharapkan disamping meningkatkan kecernaan dari bahan baku tersebut, juga diusahakan untuk meningkatkan kandungan protein secara absolut, mengingat kandungan

protein yang rendah dari bahan asal tersebut merupakan salah satu pembatas pengunaannya dalam penyusun pakan ayam.

Jenis bahan baku yang perlu dilakukan rekayasa adalah bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia tetapi mempunyai kadar protein yang rendah. Bagaimana meningkatkan kadar protein bahan baku tersebut? Salah satu solusinya adalah dengan melakukan fermentasi. Pada saat sebelumnya telah dijelaskan bagaimana proses fermentasi itu dilakukan. Salah satu bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia adalah jagung, jagung mempunyai kadar protein yang rendah berkisar antara 8-11%. Upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kadar protein jagung adalah dengan melakukan fermentasi jagung tersebut. Bakteri yang dipergunakan dalam proses fermentasi ini adalah *Rhizopus oligosporus*.

Prosedur yang dilakukan dalam proses fermentasi jagung adalah sebagai berikut:

- Timbang jagung sebanyak 100 gram.
- Tambahkan air sebanyak 50% yaitu 50 gram.
- Lakukan pengukusan jagung tersebut selama 30 menit.
- Biarkan jagung yang telah dikukus dan biarkan dingin.
- Setelah dingin taburkan bakteri *Rhizopus oligosporus* dengan dosis 9 ml/100 gram bahan.
- Simpan pada suhu ruang selama empat hari, maka jagung yang telah di fermentasi dapat dipergunakan untuk bahan baku pembuatan pakan.
- Hitunglah bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat pakan buatan dengan kadar protein yang disesuaikan denga jenis ikan yang

akan mengkonsumsi pakan tersebut (Formulasi pakan dapat di lihat pada Tabel 52).

- Lakukan pemeliharaan ikan dengan menggunakan formulasi pakan yang menggunakan bahan baku hasil rekayasa.
- Lakukan perhitungan laju pertumbuhan dan konversi pakan hasil pemeliharaan.

Tabel 52. Formulasi lima jenis pakan uji (Suhenda, N *et all*, 2010)

Bahan Pakan (%)	Tanpa jagung fermentasi	Dosis jagung fermentasi (%)			
		5	1 0	1 5	2 0
Tepung	12	1	1	2	2
ikan	35	4	7	0	2
Tepung	0	3	2	2	1
bungkil	20	0	5	0	5
kedele	18	5	1	1	2
Tepung	2	2	0	5	0
jagung	1	0	2	2	2
ferment	2	1	0	0	0
asi	10	8	1	1	1
Dedak		2	8	8	8
padi		1	2	2	2
Dedak		2	1	1	1
pollard		8	2	1	1
Vitamin			5	3	1
mix					
Mineral					
mix					
Minyak					

ikan Tapioka					
Kadar protein pakan 29% Kadar lemak pakan 6%					

Dari hasil penelitian ini didapatkan kesimpulan bahwa kadar protein dan lemak jagung fermentasi meningkat masing-masing sebesar 86,30% karena terjadi kenaikan kadar protein jagung dari 9,49% menjadi 17,68% setelah dilakukan fermentasi. Sedangkan kadar lemak jagung sebelum fermentasi dari 3,95% menjadi 6,04%. Dari hasil pengamatan laju pertumbuhan diperoleh hasil terbaik dengan menggunakan presentase jagung yang sudah difermentasi sebanyak 20%.

Jenis bahan baku lainnya yang banyak terdapat di Indonesia adalah singkong, singkong sebagai bahan makanan untuk manusia. Bagian kulit singkong saat ini tidak dimanfaatkan oleh manusia, sehingga pada berbgai pabrik pengolahan kripik singkong kulit singkong ini merupakan limbah. Limbah kulit singkong ini dapat digunakan untuk pakan ternak dan ikan. Kulit singkong ini jika langsung digunakan sebagai bahan baku pakan ternak dan ikan hanya mempunyai kadar protein yang sangat rendah yaitu 4-6%. Bagaimana upaya manusia agar limbah kulit singkong ini dapat dimanfaatkan tetapi dilakukan upaya untuk meningkatkan kadar protein yang rendah.

Berdasarkan penjelasan diatas dikatakan bahwa untuk meningkatkan kadar protein bahan baku dapat dilakukan upaya dengan cara fermentasi. Fermentasi kulit singkong ini telah dicoba dengan menggunakan bakteri *Trichoderma viridis* mampu meningkatkan kadar protein kulit singkong menjadi 23,42% (Imran Z A, 2010).

Prosedur yang dilakukan dalam proses fermentasi kulit singkong adalah sebagai berikut:

- Timbang kulit singkong sebanyak 100 gram.
- Tambahkan air sebanyak 50% yaitu 50 gram.
- Lakukan pengukusan kulit singkong tersebut selama 30 menit.
- Biarkan kulit singkong yang telah dikukus dan biarkan dingin.
- Setelah dingin taburkan bakteri *Trichoderma viridis* dengan dosis 3 ml/100 gram bahan.
- Simpan pada suhu ruang selama empat hari, maka kulit singkong yang telah difermentasi dapat dipergunakan untuk bahan baku pembuatan pakan.
- Hitunglah bahan baku yang dibutuhkan untuk membuat pakan buatan dengan kadar protein yang disesuaikan dengan jenis ikan yang akan mengkonsumsi pakan tersebut.
- Lakukan pemeliharaan ikan dengan menggunakan formulasi pakan yang menggunakan bahan baku hasil rekayasa.
- Lakukan perhitungan laju pertumbuhan dan konversi pakan hasil pemeliharaan.

c. Rangkuman

Bahan baku yang dapat dipergunakan untuk mebuat pakan ikan secara buatan dapat dikelompokkan menjadi tiga berdasarkan sumbernya yaitu bahan baku nabati, bahan baku hewani dan bahan baku tambahan. Berdasarkan kandungan nutrisi yang terdapat pada bahan baku, maka jenis-jenis bahan baku ini dapat dikelompokkan menjadi: Bahan baku sumber protein, Bahan baku sumber lemak, Bahan baku sumber

karbohidrat, Bahan baku sumber vitamin, Bahan baku sumber mineral, Binder dan Bahan aditif.

Kandungan nutrisi dari bahan baku ini akan menetukan mutu dari pkaan ikan yang akan dibuat, biasanya semakin tinggi kadar protein pakan buatan maka harga jual pakan buatan tersebut akan semakin mahal. Kadar protein bahan baku pakan sebagai acuan untuk menghitung kandungan nutrisi dari pakan buatan yang akan dibuat.

Dengan semakin mahalnya harga bahan baku maka manusia harus melakukan upaya untuk merekayasa bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia. Bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia dan berlimpah karena tidak bersaing dengan kebutuhan manusia sangat banyak diantaranya adalah jagung, ikan rucah, bungkil kelapa sawit, kulit singkong. Tetapi kadar protein bahan baku tersebut sangat rendah. Oleh karena itu dilakukan rekayasa terhadap bahan baku tersebut agar terjadi peningkatan kadar protein bahan baku.

3. Tugas

a. Buatlah paper tentang jenis-jenis bahan baku pakan yang banyak terdapat disekitar sekolahmu yang potensi digunakan sebagai bahan baku pakan ikan secara berkelompok.
b. Buatlah paper tentang kandungan nutrisi bahan baku pakan alternatif yang ada di sekitar sekolah dan lingkungan secara berkelompok.
c. Buatlah paper tentang teknik rekayasa terhadap bahan baku yang potensial ada di sekitar sekolah dan lingkungan yang dapat dipergunakan sebagai bahan baku alternatif secara berkelompok.

4. Tes Formatif

1. Bahan baku yang digunakan untuk membuat pakan ikan harus memenuhi persyaratan secara teknis antara lain adalah:
   A. Tidak bergizi
   B. Mengandung racun
   C. Sesuai kebiasaan makan ikan
   D. Daya cerna rendah

2. Persyaratan sosial ekonomis dalam memilih bahan baku pakan adalah:
   A. Sulit diperoleh
   B. Mudah diolah
   C. Harganya mahal
   D. Merupakan makanan pokok manusia

3. Bahan baku yang berasal dari hewan atau bagian-bagian tubuh hewan antara lain adalah:
   A. Kedelai
   B. Silase
   C. Jagung
   D. Tapioka

4. Bahan baku yang berasal dari sumber nabati antara lain adalah:
   A. Cacing
   B. Silase
   C. Tepung hati
   D. Terigu

5. Jenis bahan baku yang berasal dari sumber limbah industri antara lain adalah:
   A. Ampas tahu
   B. Tepung ikan
   C. Tepung kedele
   D. Tepung jagung

6. Jenis bahan baku tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan daya tahan tubuh ikan yang diberikan pakan tersebut adalah:.
   A. Mineral
   B. Antibiotik
   C. Vitamin
   D. Antioksidan

7. Jumlah vitamin dan mineral yang dibutuhkan dalam komposisi bahan baku ikan pada saat membuat formulasi pakan adalah:
   A. 2-5%
   B. 5-7%
   C. 7-9%
   D. 9-11%

8. Zat antigenik yang dapat mencegah terjadinya oksidasi pada bahan baku pakan adalah:
   A. Mineral
   B. Antibiotik
   C. Vitamin
   D. Antioksidan

9. Dosis yang digunakan untuk mengurangi proses oksidasi pada bahan baku dengan menggunakan BHT adalah:
   A. 100 ppm
   B. 200 ppm
   C. 300 ppm
   D. 400 ppm

10. Bahan pengikat (Binder) yang biasa digunakan untuk membuat pakan antara lain adalah sebagai berikut kecuali:
    A. Tepung kanji
    B. Tepung terigu
    C. *Carboxy Methyl Cellulose*
    D. Etoksikuin

11. Untuk meningkatkan kadar protein dalam pakan diperlukan bahan tambahan dalam bentuk antara lain adalah:
    A. Asam lemak
    B. Asam amino
    C. Asam amino sintetik
    D. *Carboxy Methyl Cellulose*

12. Jenis antioksidan yang dapat dipergunakan untuk membuat pakan antara lain adalah sebagai berikut kecuali:
    A. CMC
    B. BHA
    C. BHT
    D. Etoksikuin

13. Zat atau suatu jenis obat yang biasa ditambahkan dalam komposisi pakan untuk menyembuhkan ikan yang terserang penyakit oleh bakteri adalah:
    A. Mineral
    B. Antibiotik
    C. Vitamin
    D. Antioksidan

14. Jenis *attractants* sintetis yang digunakan untuk menambahkan aroma agar ikan terangsang untuk mengkonsumsi pakan tersebut adalah:
    A. Terasi udang
    B. Kerang darah
    C. Glysine
    D. Cacing tanah

15. Pada konsumsi pakan ikan air laut untuk mempercepat kematangan gonad dibuat pakan buatan dalam bentuk pelet kolesterol. Zat apakah yang ditambahkan pada proses pembuatan pakan tersebut?.
    A. Antibiotik
    B. Glysin
    C. Hormon
    D. Antioksidan

16. Bahan baku lokal yang sangat banyak terdapat di Indonesia dan dapat dilakukan rekayasa untuk meningkatkan kadar proteinnya adalah:
    A. Tepung ikan

B. Pollard
C. Tepung jagung
D. Vitamin

17. Kadar protein bahan baku akan menetukan kadar protein pakan. Berapakah kadar protein dari tepung ikan?.
    A. 45-55%
    B. 55-65%
    C. 65-75%
    D. 75-85%

18. Kadar protein bahan baku sumber nabati yang banyak terdapat di Indonesia sebagai bahan baku limbah industri adalah:
    A. Dedak padi
    B. Dedak gandum
    C. Pollard
    D. Terigu

19. Bahan baku nabati yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia dan kadar proteinnya lebih dari 20% adalah:
    A. Tepung terigu
    B. Tepung biji kapas
    C. Tepung daun lamtoro
    D. Tepung pollard

20. Kadar protein dari bahan baku limbah industri pertanian yaitu ampas tahu adalah:
    A. 20%-25%

B. 25%-30%
C. 30%-35%
D. 35%-40%

21. Kebutuhan ikan herbivora akan bahan baku sumber nabati yaitu jagung maksimal adalah:
    A. 25%
    B. 30%
    C. 35%
    D. 40%

22. Ikan karnivora dapat menggunakan bahan baku sumber nabati dalam bentuk tepung kedelai dengan maksimal penggunaan adalah:
    A. 10%
    B. 20%
    C. 30%
    D. 40%

23. Kebutuhan pakan udang dalam menggunakan bahan baku sumber hewani yaitu tepung ikan adalah:
    A. 25%
    B. 30%
    C. 35%
    D. 40%

24. Bahan baku yang banyak dipergunakan untuk membuat pakan ikan karnivora adalah:
    A. Tepung jagung

B. Tepung ikan

C. Tepung tulang

D. Tepung daun

25. Parameter yang harus diukur untuk mengetahui daya cerna setiap bahan baku pakan adalah:

    A. Karbohidrat

    B. Lipid

    C. Serat Kasar

    D. Protein

26. Proses penguraian unsur organik kompleks terutama karbohidrat untuk menghasilkan energi melalui reaksi enzim yang dihasilkan oleh mikroorganisme adalah:

    A. Rekayasa bahan baku

    B. Fermentasi

    C. Inkubasi

    D. Mikrobial

27. Proses fermentasi yang substratnya larut atau tersuspensi di dalam fase cair adalah:

    A. Fermentasi

    B. Fermentasi medium padat

    C. Fermentasi medium cair

    D. Fermentasi medium gas

28. Salah satu produk rekayasa bahan baku yang menggunakan metode fermentasi dengan cara biologis dan kimiawi adalah:

    A. Tepung ikan

B. Tepung kedele
C. Silase
D. Tepung jagung

29. Mikroorganisme yang digunakan untuk meningkatkan kadar protein jagung adalah:
    A. Bacillus sp
    B. Trichoderma viridis
    C. Rhizopus oligosporus
    D. Saccharomyces cereviceas

30. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan fermentasi kulit singkong agar terjadi peningkatan kadar protein dan kadar lemakya adalah:
    A. 3 hari
    B. 4 hari
    C. 5 hari
    D. 6 hari

Kunci Jawaban Tes Formatif

No.	Jawaban	No.	Jawaban
1.	C	16.	C
2.	B	17.	B
3.	B	18.	A
4.	D	19.	C
5.	A	20.	A
6.	C	21.	C
7.	A	22.	B
8.	D	23.	C
9.	B	24.	B
10.	D	25.	C
11.	B	26.	C
12.	A	27.	C
13.	B	28.	C
14.	C	29.	C
15.	B	30.	B

5. Lembar Kerja Peserta Didik

Lembar Kerja 1

Judul : Mengidentifikasi bahan baku

Waktu : 3 jam

Pendahuluan

Setelah perencanaan pembuatan pakan dan peralatan pembuatan pakan disiapkan , langkah selanjutnya adalah menyiapkan bahan baku yang akan digunakan dalam membuat pakan buatan. Apakah bahan baku itu? Ikuti langkah kerja dengan baik sesuai dengan prosedur. Dengan bahan baku yang baik maka akan diperoleh pakan buatan yang sesuai dengan kebutuhan ikan yang akan mengkonsumsi pakan buatan dan pertumbuhan ikan akan sesuai dengan target produksi. Oleh karena itu siswa SMK harus dapat membedakan berbagai macam bahan baku.

Tujuan

Peserta diklat diharapkan mampu melakukan identifikasi bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan pakan buatan jika disediakan peralatan dan bahannya sesuai dengan persyaratan teknis.

Alat dan bahan

a) Jenis-jenis bahan baku
b) Timbangan
c) Kantong plastik/karung plastik
d) ATK

Keselamatan kerja

1) Kenakan pakaian praktek dan gunakan sarung tangan jika memegang bahan-bahan yang bersifat keras.
2) Hati-hati dalam menggunakan peralatan listrik dan melakukan kegiatan .

Langkah kerja

1) Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan tersebut!
2) Tentukan bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan pakan dengan memperhatikan kandungan nutrisi bahan baku dan ketersediaan bahan baku di lokasi.
3) Kelompokkan jenis-jenis bahan baku yang akan digunakan dalam pembuatan bahan baku ke dalam kelompok hewani, nabati dan limbah serta bahan tambahan yang akan digunakan.
4) Lakukanlah pengidentifikasian terhadap jenis-jenis bahan baku dengan membuat suatu perencaanaan yang meliputi ketersediaan bahan baku di lokasi, harga bahan baku perkilo, kontinuitas bahan baku di lokasi, kapasitas produksi bahan baku.

5) Dari data yang telah diidentifikasi tersebut lakukanlah perencanaan jumlah produksi yang akan dibuat di lokasi tersebut !

Lembar Kerja 2

Judul : Pembuatan Silase ikan

Waktu : 6 X 45 menit

Pendahuluan

Silase ikan adalah bentuk hidrolisa protein beserta komponen lain dalam ikan pada suasana asam sehingga organisme pembusuk tidak dapat hidup. Pembuatan silase ada 2 cara yaitu secara biologis dan secara kimiawi. Pembuatan silase ikan dengan cara biologis dapat dilakukan dengan menambahkan bahan untuk sumber energi bakteri asam laktat yang diusahakan tumbuh untuk memfermentasi ikan, sedangkan pembuatan

silase ikan dengan cara kimiawi dilakukan dengan cara penambahan asam-asam mineral (asam kuat) dan asam-asam organik.

Kandungan nutrisi silase bervariasi tergantung jenis ikan, bagian ikan yang dipergunakan, serta cara pembuatannya. Produk akhir silase berbentuk produk cair, untuk memudahkan penyimpanan dapat dijadikan tepung dengan cara penetralan menggunakan soda api dan filler (bahan pengikat seperti dedak padi atau pollard) dilanjutkan dengan pengeringan dan penepungan.

Tujuan

Mahasiswa mampu membuat silase ikan dengan cara kimia dan biologis dan mampu menghitung konsentrasi asam, proses pembuatan silase jika disediakan peralatan dan wadahnya sesuai dengan persyaratan teknis.

Alat dan Bahan

- Ikan Rucah
- Pisau
- Talenan
- Wadah tahan asam (ember plastik)
- Asam formiat 85%
- Asam propionat
- Pengaduk kayu
- Gilingan daging
- Kubis
- Larutan garam 2,5%
- Air
- ATK

Keselamatan kerja

1. Kenakan pakaian praktik dan gunakan sarung tangan jika memegang bahan-bahan yang bersifat keras.
2. Hati-hati dalam menggunakan peralatan listrik dan melakukan kegiatan .

Langkah kerja Pembuatan silase secara kimia

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan tersebut!
2. Lakukan pembersihan ikan dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran maupun benda keras.
3. Ikan yang telah dibersihkan dicincang dan digiling dengan alat penggiling daging sampai benar-benar lumat.
4. Masukkan ikan yang telah digiling halus tersebut ke dalam wadah tahan asam yang bersih.
5. Tambahkan asam formiat 85% ke dalam wadah sebanyak 2-3%.
6. Kemudian tambahkan asam propionat sebanyak 1%.
7. Aduk secara merata bahan baku yang telah dicampur dengan asam formiat dan asam propionat agar kedua asam tersebut benar-benar tercampur secara merata.
8. Lakukan pengadukan sebanyak 3-4 kali sehari selama empat hari pertama.
9. Biasanya pada hari ke-5 ikan sudah mulai mencair dan ikan tersebut sudah menjadi silase.

Langkah kerja Pembuatan silase secara biologi

1. Siapkan alat dan bahan yang akan digunakan tersebut!
2. Pembuatan larutan sumber bakteri asam laktat dengan cara kubis dicuci dan dipotong kecil-kecil, masukkan larutan garam 2,5% dengan volume 4 kali berat kubis/kol dicampur dan ditutup rapat-rapat. Biarkan selama

4-5 hari kemudian disaring. Larutan yang dihasilkan merupakan sumber bakteri asam laktat.

3. Lakukan pembersihan ikan dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran maupun benda keras.
4. Ikan yang telah dibersihkan dicincang dan digiling dengan alat penggiling daging sampai benar-benar lumat.
5. Masukkan ikan yang telah digiling halus tersebut ke dalam wadah tahan asam yang bersih.
6. Tambahkan tepung kanji atau tepung tapioka dengan jumlah 20% dari berat ikan
7. Masukkan larutan sumber bakteri asam laktat (kadar 12,5%) kemudian dicampur secara merata
8. Aduk secara merata bahan baku yang telah dicampur dengan asam laktat tersebut benar-benar tercampur secara merata.
9. Lakukan pengadukan sebanyak 3-4 kali sehari selama empat hari pertama.
10. Biasanya pada hari ke-7 ikan sudah mulai mencair dan ikan tersebut sudah menjadi silase.

C. Penilaian/Evaluasi

1. Attitude skills

a. Lembar Pengamatan Observasi

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru untuk menilai sikap spiritual siswa didik. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap spiritual yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Tanggal Pengamatan : …………………

Materi Pokok : …………………

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu				
2.	Mengucapkan rasa syukur atas karunia Tuhan dan setelah mengerjakan sesuatu				
3.	Memberi salam pada saat awal dan akhir presentasi sesuai agama yang dianut.				
4.	Menjaga lingkungan hidup di sekitar rumah tempat tinggal, sekolah dan masyarakat				
5.	Memelihara hubungan baik dengan sesama umat ciptaan Tuhan Yang Maha Esa.				
6.	Menghormati orang lain menjalankan ibadah sesuai dengan agamanya.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran :

Skor akhir menggunakan skala 1 sampai 4

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{Skor}{Skor\ Tertinggi}\ x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Skor diperoleh 14, skor tertinggi 4 x 6 pernyataan = 24, maka skor akhir :

$$\frac{14}{24}\, x\, 4 = 2{,}3$$

Siswa didik memperoleh nilai :

Sangat Baik : apabila memperoleh skor 3,20 – 4,00 (80 – 100)

Baik : apabila memperoleh skor 2,80 – 3,19 (70 – 79)

Cukup : apabila memperoleh skor 2.40 – 2,79 (60 – 69)

Kurang : apabila memperoleh skor kurang 2.40 (kurang dari 60%)

Pedoman Observasi Sikap Jujur

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam kejujuran. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap jujur yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………..

Kelas : …………………..

Tanggal Pengamatan : …………………...

Materi Pokok : …………………...

No	Aspek Pengamatan	Skor			
1.	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan/tugas.				
2.	Tidak melakukan plagiat.				
3.	Menyerahkan kepada yang berwenang barang yang ditemukan.				
4.	Membuat laporan berdasarkan data atau informasi apa adanya.				
5.	Mengakui kesalahan atau kekurangan yang dimiliki.				
6.	Mengungkapkan perasaan apa adanya.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran :

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

Pedoman Observasi Sikap Disiplin

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam kedisiplinan. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap disiplin yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

Ya = apabila siswa didik menunjukkan perbuatan sesuai aspek pengamatan

Tidak = apabila siswa didik tidak menunjukkan perbuatan sesuai aspek pengamatan.

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Tanggal Pengamatan : …………………

Materi Pokok : …………………

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
			T ak
1.	Masuk kelas tepat waktu.		
2.	Mengumpulkan tugas tepat waktu.		
3.	Patuh pada tata tertib atau aturan bersama/ sekolah.		
4.	Mengerjakan tugas individu sesuai dengan waktu yang ditentukan		
5.	Memakai seragam sesuai tata tertib		
6.	Mengerjakan tugas yang diberikan		
7.	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
8.	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		

9.	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
10.	Membawa buku teks mata pelajaran		

Petunjuk Penskoran :

Jawaban YA diberi skor 1, dan jawaban TIDAK diberi skor 0

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{Skor}{Skor\ Tertinggi}\ x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Jawaban YA sebanyak 3, maka diperoleh skor 3, dan skor tertinggi 10 maka skor akhir adalah :

$$\frac{6}{10} x\ 4 = 2{,}4$$

Siswa didik memperoleh nilai dapat menggunakan seperti dalam pedoman observasi sikap spritual.

Pedoman Observasi Sikap Tanggung Jawab

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam tanggung jawab. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap tanggung jawab yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Tanggal Pengamatan : …………………..

Materi Pokok : …………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Melaksanakan tugas individu dengan baik.				
2.	Menerima resiko dari tindakan yang dilakukan.				
3.	Tidak menyalahkan/menuduh orang lain tanpa bukti yang akurat.				
4.	Mengembalikan barang yang dipinjam.				
5.	Mengakui dan meminta maaf atas kesalahan yang dilakukan.				
6.	Menepati janji.				
7.	Tidak menyalahkan orang lain utk kesalahan tindakan kita sendiri.				
8.	Melaksanakan apa yang pernah dikatakan tanpa disuruh/diminta.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

Pedoman Observasi Sikap Toleransi

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru/teman untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam toleransi. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap toleransi yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Tanggal Pengamatan : …………………..

Materi Pokok : …………………..

	Aspek Pengamatan	Skor			
	Menghormati pendapat teman.				
	Menghormati teman yang berbeda suku, agama, ras, budaya, dan gender.				
	Dapat menerima kekurangan orang lain.				
	Dapat mememaafkan kesalahan orang lain.				
	Mampu dan mau bekerja sama				

	Aspek Pengamatan	Skor			
	dengan siapa pun yang memiliki keberagaman latar belakang, pandangan, dan keyakinan.				
	Tidak memaksakan pendapat atau keyakinan diri pada orang lain.				
	Terbuka terhadap atau kesediaan untuk menerima sesuatu yang baru.				
Jumlah Skor					

Petunjuk penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

Pedoman Observasi Sikap Gotong Royong

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru/teman untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam gotong royong. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap gotong royong yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………..

Kelas : …………………..

Tanggal Pengamatan : …………………..

Materi Pokok : …………………..

	Aspek Pengamatan	Skor			
	Aktif dalam kerja kelompok.				
	Suka menolong teman/orang lain tanpa mengharap imbalan.				
	Kesediaan melakukan tugas sesuai kesepakatan.				
	Memusatkan perhatian pada tujuan kelompok				
	Tidak mendahulukan kepentingan pribadi				
	Mencari jalan untuk mengatasi perbedaan pendapat/pikiran antara diri sendiri dengan orang lain				
	Mendorong orang lain untuk bekerja sama demi mencapai tujuan bersama				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran :

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

Pedoman Observasi Sikap Santun

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam kesantunan. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai

sikap santun yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : ………………….

Kelas : ………………….

Tanggal Pengamatan : …………………..

Materi Pokok : …………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	
1.	Menghormati orang yang lebih tua				
2.	Mengucapkan terima kasih setelah menerima bantuan orang lain				
3.	Tidak berkata-kata kotor, kasar, dan takabur.				
4.	Tidak meludah di sembarang				

	tempat.				
5.	Tidak menyela pembicaraan pada waktu yang tidak tepat.				
6.	Mengucapkan terima kasih setelah menerima bantuan orang lain.				
7.	Bersikap 3S (salam, senyum, sapa).				
8.	Meminta ijin ketika akan memasuki ruangan orang lain atau menggunakan barang milik orang lain.				
9.	Memperlakukan orang lain sebagaimana diri sendiri ingin diperlakukan.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

Pedoman Observasi Sikap Percaya Diri

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh guru/teman untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam percaya diri. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap percaya diri yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Tanggal Pengamatan : ………………….

Materi Pokok : ………………….

	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
	Berani presentasi di depan kelas.				
	Berani berpendapat, bertanya, atau menjawab pertanyaan.				

	Mampu membuat keputusan dengan cepat.				
	Tidak mudah putus asa.				
	Tidak mudah putus asa.				
	Tidak canggung dalam bertindak.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

b. Lembar Penilaian Diri

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP SPIRITUAL

PETUNJUK

1. Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2. berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

Nama Peserta Didik : …………………
Kelas : …………………
Materi Pokok : …………………
Tanggal : …………………

No	Pernyataan	TP	KD	SR	SL
1	Saya semakin yakin dengan keberadaan Tuhan setelah mempelajari ilmu pengetahuan				

2	Saya berdoa sebelum dan sesudah melakukan sesuatu kegiatan				
3	Saya mengucapkan rasa syukur atas segala karunia Tuhan				
4	Saya memberi salam sebelum dan sesudah mengungkapkan pendapat di depan umum				
5	Saya mengungkapkan keagungan Tuhan apabila melihat kebesaranNya				
Jumlah					

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP JUJUR

Nama Peserta Didik : ....
Kelas : ....
Materi Pokok : ....
Tanggal : ....

PETUNJUK

1. Bacalah pernyataan yang ada di dalam kolom dengan teliti
2. berilah tanda cek (√) sesuai dengan sesuai dengan kondisi dan keadaan kalian sehari-hari

No	Pernyataan	TP	KD	SR	SL
1	Saya menyontek pada saat mengerjakan Ulangan				
2	Saya menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumbernya pada saat mengerjakan tugas				
3	Saya melaporkan kepada yang berwenang jika menemukan barang				

No	Pernyataan	TP	KD	SR	SL
4	Saya berani mengakui kesalahan yang saya dilakukan				
5	Saya mengerjakan soal ujian tanpa melihat jawaban teman yang lain				

Keterangan :

- selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan
- sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan
- kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan
- tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Petunjuk Penskoran :
Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP TANGGUNGJAWAB

Nama Peserta Didik : …………………
Kelas : …………………
Materi Pokok : …………………
Tanggal : …………………

Petunjuk :
Lembaran ini diisi oleh peserta didik sendiri untuk menilai sikap sosial peserta didik dalam tanggung jawab. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap tanggung jawab yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan
3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan
2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan
1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1	Sebagai peserta didik saya				

	melakukan tugas-tugas dengan baik				
2	Saya berani menerima resiko atas tindakan yang dilakukan				
3	Saya menuduh orang lain tanpa bukti				
4	Saya mau mengembalikan barang yang dipinjam dari orang lain				
5	Saya berani meminta maaf jika melakukan kesalahan yang merugikan orang lain				

Petunjuk Penskoran
Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP DISIPLIN

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh siswa didik untuk menilai sikap disiplin diri siswa didik. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap disiplin yang kamu miliki sebagai berikut :

Ya = apabila kamu menunjukkan perbuatan sesuai pernyataan

Tidak = apabila kamu tidak menunjukkan perbuatan sesuai pernyataan.

Nama Siswa Didik : …………………
Kelas : …………………
Tanggal Pengamatan : …………………..
Materi Pokok : …………………..

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1.	Saya masuk kelas tepat waktu		

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
2.	Saya mengumpulkan tugas tepat waktu		
3.	Saya patuh pada tata tertib atau aturan bersama/ sekolah.		
4.	Saya mengerjakan tugas individu sesuai dengan waktu yang ditentukan		
5.	Saya memakai seragam sesuai tata tertib		
6.	Saya mengerjakan tugas yang diberikan		
7.	Saya tertib dalam mengikuti pembelajaran		
8.	Saya mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
9.	Saya membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
10.	Saya membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

Petunjuk Penyekoran

Jawaban YA diberi skor 1, dan jawaban TIDAK diberi skor 0

Perhitungan skor akhir menggunakan rumus :

$$\frac{Nilai\ Skor}{Skor\ Tertinggi}\ x\ 4 = skor\ akhir$$

Contoh :

Jawaban YA sebanyak 6, maka diperoleh nilai skor 6, dan skor tertinggi 10 maka nilai akhir adalah :

$$\frac{6}{10} x\ 4 = 2{,}40$$

Kriteria perolehan nilai sama dapat menggunan seperti dalam pedoman observasi.

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP GOTONG ROYONG

PETUNJUK PENGISIAN:

1. Cermatilah kolom-kolom sikap di bawah ini!
2. Jawablah dengan jujur sesuai dengan sikap yang kamu miliki.
3. Lingkarilah salah satu angka yang ada dalam kolom yang sesuai dengan keadaanmu

4 = jika sikap yang kamu miliki sesuai dengan positif

3 = Jika sikap yang kamu miliki positif tetapi kadang kadang muncul sikap negatif

2 = Jika sikap yang kamu miliki negative tapi tetapi kadang kadang muncul sikap positif

1 = Jika sikap yang kamu miliki selalu negatif

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Materi Pokok : …………………

Tanggal : …………………

Rela berbagi	4	3	2	1	Egois
Aktif	4	3	2	1	Pasif
Bekerja sama	4	3	2	1	Individualistis
Ikhlas	4	3	2	1	Pamrih

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP TOLERANSI

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh siswa didik sendiri untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam toleransi. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap toleransi yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Tanggal Pengamatan : ………………….

Materi Pokok : ………………….

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Saya menghormati teman yang berbeda pendapat.				
2.	Saya menghormati teman yang berbeda suku, agama, ras, budaya, dan gender.				
3.	Saya dapat menerima kekurangan orang lain.				

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
4.	Saya dapat mememaafkan kesalahan orang lain.				
5.	Saya mampu dan mau bekerja sama dengan siapa pun yang memiliki keberagaman latar belakang, pandangan, dan keyakinan.				
6.	Saya tidak memaksakan pendapat atau keyakinan diri pada orang lain.				
7.	Saya terbuka terhadap atau kesediaan untuk menerima sesuatu yang baru.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP PERCAYA DIRI

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh siswa didik sendiri untuk menilai sikap sosial siswa didik dalam percaya diri. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap percaya diri yang ditampilkan oleh siswa didik, dengan kriteria sebagai berikut :

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

Nama Siswa Didik : …………………
Kelas : …………………
Tanggal Pengamatan : …………………..
Materi Pokok : …………………..

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		1	2	3	4
1.	Saya melakukan segala sesuatu tanpa ragu-ragu				
2.	Saya berani mengambil keputusan secara cepat dan bisa dipertanggungjawabkan				
3.	Saya berani presentasi di depan kelas.				
4.	Saya berani berpendapat, bertanya, atau menjawab pertanyaan.				
5.	Saya mampu membuat keputusan dengan cepat.				
6.	Saya tidak mudah putus asa.				
Jumlah Skor					

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

LEMBAR PENILAIAN DIRI SIKAP SANTUN

PETUNJUK PENGISIAN:

1. Bacalah dengan teliti pernyataan pernyataan yang pada kolom di bawah ini!

2. Tanggapilah pernyataan-pernyataan tersebut dengan member tanda cek (√) pada kolom:

STS : Jika kamu sangat tidak setuju dengan pernyataan tersebut

TS : Jika kamu tidak setuju dengan pernyataan tersebut

S : Jika kamu setuju dengan pernyataan tersebut

SS : Jika kamu sangat setuju dengan pernyataan tersebut

Nama Siswa Didik : …………………

Kelas : …………………

Materi Pokok : …………………

Tanggal : …………………

No	**Pernyataan**	**Penilaian**			
		STS	**TS**	**S**	**SS**
1.	Saya menghormati orang yang lebih tua.				
2.	Saya tidak berkata kata kotor, kasar dan takabur.				
3.	Saya mengucapkan terima kasih setelah menerima bantuan orang lain.				
4.	Saya tidak meludah di sembarang tempat.				
5.	Saya tidak menyela pembicaraan pada waktu yang tidak tepat.				
6.	Saya mengucapkan terima kasih setelah menerima bantuan orang lain.				
7.	Saya selalu bersikap 3S (salam, senyum, sapa).				
8.	Saya meminta ijin ketika akan memasuki ruangan orang lain atau				

	menggunakan barang milik orang lain.				
9.	Saya memperlakukan orang lain sebagaimana diri sendiri ingin diperlakukan.				
Jumlah skor					

Keterangan:

Pernyataan positif	Pernyataan negative
• 1 sangat tidak setuju (STS), • 2 tidak setuju (TS), , • 3 setuju (S), • 4 sangat setuju (SS).	• 1 sangat setuju (SS), • 2 setuju (S), • 3 tidak setuju (TS), • 4 sangat tidak setuju (S)

Petunjuk Penskoran

Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap spiritual

c. Lembar Penilaian teman sejawat

Lembar Penilaian Antarsiswa Didik Sikap Disiplin

Petunjuk :

Lembaran ini diisi oleh peserta didik untuk menilai sikap sosial peserta didik lain dalam kedisiplinan. Berilah tanda cek (v) pada kolom skor sesuai sikap disiplin yang ditampilkan oleh peserta didik, dengan kriteria sebagai berikut :

Ya = apabila peserta didik menunjukkan perbuatan sesuai aspek pengamatan

Tidak = apabila peserta didik tidak menunjukkan perbuatan sesuai aspek pengamatan.

Nama penilai : Tidak diisi
Nama peserta didik yang dinilai : ....
Kelas : ....
Mata pelajaran : ....

No	Sikap yang diamati	Melakukan	
		Ya	Tidak
1	Masuk kelas tepat waktu		
2	Mengumpulkan tugas tepat waktu		
3	Memakai seragam sesuai tata tertib		
4	Mengerjakan tugas yang diberikan		
5	Tertib dalam mengikuti pembelajaran		
6	Mengikuti praktikum sesuai dengan langkah yang ditetapkan		
7	Membawa buku tulis sesuai mata pelajaran		
8	Membawa buku teks mata pelajaran		
Jumlah			

Petunjuk Penskoran
Lihat petunjuk penskoran pada pedoman observasi sikap disiplin

Skala Penilaian (*rating scale*)

DAFTAR CEK PENILAIAN ANTAR PESERTA DIDIK

Nama penilai : Tidak diisi

Nama peserta didik yang dinilai : ....

Kelas : ....

Mata pelajaran : ....

Berilah tanda cek pada kolom pilihan berikut dengan

4 = selalu, apabila selalu melakukan sesuai pernyataan

3 = sering, apabila sering melakukan sesuai pernyataan dan kadang-kadang tidak melakukan

2 = kadang-kadang, apabila kadang-kadang melakukan dan sering tidak melakukan

1 = tidak pernah, apabila tidak pernah melakukan

No	Aspek Pengamatan	Skor			
		4	3	2	1
1	Tidak nyontek dalam mengerjakan ujian/ulangan.				
2	Tidak melakukan plagiat (mengambil/menyalin karya orang lain tanpa menyebutkan sumber) dalam mengerjakan setiap tugas.				
3	Mengemukakan perasaan terhadap sesuatu apa adanya.				
4	Melaporkan data atau informasi apa adanya.				
	JUMLAH SKOR				

Petunjuk penskoran :
Lihat petunjuk penskoran pedoman observasi sikap disiplin

d. Lembar Jurnal

Nama Siswa Didik :
Aspek yang diamati : Jujur

No.	Hari/ Tanggal	Nama siswa didik	Kejadian

Petunjuk penskoran

Lihat petunjuk penskoran pedoman observasi sikap disiplin

Pembuatan jurnal oleh guru bisa mengikuti model pertama dan kedua sebagai berikut:

1) Model Pertama

Petunjuk pengisian jurnal (diisi oleh guru):

a) Tulislah identitas peserta didik yang diamati

b) Tulislah tanggal pengamatan.

c) Tulislah aspek yang diamati oleh guru.

d) Ceritakan kejadian-kejadian yang dialami oleh Peserta didik baik yang merupakan kekuatan Peserta didik maupun kelemahan Peserta didik sesuai dengan pengamatan guru terkait dengan Kompetensi Inti.

e) Tulislah dengan segera kejadian

f) Setiap kejadian per anak ditulis pada kartu yang berbeda.

g) Simpanlah kartu tersebut di dalam folder masing-masing Peserta didik

Format:

Jurnal

Nama Peserta Didik :
Nomor peserta Didik :
Tanggal :
Aspek yang diamati :
Kejadian :

____
____
____
____

Guru:

Petunjuk penskoran

Lihat petunjuk penskoran pedoman observasi sikap disiplin

2) Model Kedua

Petunjuk pengisian jurnal (diisi oleh guru):

a) Tulislah aspek yang diamati

b) Tulislah identitas peserta didik yang diamati

c) Tulislah tanggal pengamatan.

d) Tulislah aspek yang diamati oleh guru.

e) Ceritakan kejadian-kejadian yang dialami oleh Peserta didik baik yang merupakan kekuatan Peserta didik maupun kelemahan Peserta didik sesuai dengan pengamatan guru terkait dengan Kompetensi Inti.

f) Tulislah dengan segera kejadian yang diamati

g) Setiap kejadian per anak ditulis pada kartu yang berbeda.

h) Simpanlah kartu tersebut di dalam folder masing-masing Peserta didik

Contoh Format Jurnal

Jurnal

Nama Peserta Didik :

Aspek yang diamati : Jujur

No.	Hari/ Tanggal	Nama peserta didik	Kejadian

Petunjuk penskoran

Lihat petunjuk penskoran pedoman observasi sikap disiplin

2. Kognitif skills

1. Apakah yang dimaksud dengan pakan buatan?
   A. Pakan ikan yang di buat
   B. Pakan yang dibuat sesuai kebutuhan ikan
   C. Pakan yang dicampur dan dibuat
   D. Pakan yang dibudidayakan manusia

2. Kriteria utama dalam membuat pakan buatan adalah:
   A. Protein sesuai kebutuhan ikan
   B. Karbohidrat sesuai kebutuhan ikan
   C. Lipid sesuai kebutuhan ikan
   D. Lemak sesuai kebutuhan ikan

3. Bentuk pakan buatan yang diberikan pada larva ikan lele pada awal setelah menetas adalah:
   A. Pellet apung
   B. Remahan
   C. Emulsi kuning telur
   D. Pellet tenggelam

4. Dalam usaha budidaya ikan secara intensif dibutuhkan pakan buatan dalam bentuk apakah agar tidak banyak pakan yang terbuang?
   A. Pellet apung

B. Remahan

C. Emulsi kuning telur

D. Pellet

5. Berdasarkan kandungan air yang di kandung dalam pakan ikan , maka jenis pakan yang mengandung kadar air berkisar antara 20-40% adalah:

A. Pakan basah

B. Pakan kering

C. Pakan lembab

D. Pakan apung

6. Pakan buatan yang diberikan pada budidaya ikan secara intensif berdasarkan komposisi bahan baku yang digunakan adalah:

A. Pakan tambahan

B. Pakan lengkap

C. Pakan suplemen

D. Pakan kering

7. Mengapa kadar protein dalam pakan ikan harus diperhatikan sebagai komponen utama dalam menyusun formulasi pakan?

A. Membentuk elastisitas membran sel

B. Membantu konstraksi otot

C. Memperbaiki sel dan jaringan yang rusak

D. Merupakan komponen utama pembentukan tulang

8. Asam amino yang harus ditambahkan dalam pembuatan pakan karena tubuh ikan tidak dapat mensintesisny adalah:

A. Asam amino essensial

B. Asam amino non essensial

C. Asam amino biologis

D. Asam amino

9. Protein yang pada saat di hidrolisis hanya menghasilkan asam amino-asam amino dan derivat-derivatnya adalah:

A. Protein komplek

B. Protein sederhana

C. Protein asal

D. Protein gabungan

10. Jenis asam amino essensial yang dibutuhkan oleh ikan antara lain adalah:

A. Alanin, Aspargin, Serin

B. Glutamin, Cystein, Prolin

C. Valin, Threonin, Methionin

D. Serin, Glysin, Glutamin

11. Asam amino yang berperan penting pada biosintesis urea adalah:

A. Arginin

B. Histidin

C. Serin

D. Glysin

12. Kekurangan asam amino ini dapat menyebabkan penyakit katarak pada ikan rainbow trout yaitu:

A. Arginin

B. Methionin

C. Histidin

D. Prolin

13. Kebutuhan asam amino essensial pada ikan kelompok catfish antara lain adalah:
    A. Arg 6,5, His 1,8, Leu 3,8
    B. Arg 6,0, His 1,8, Leu 3,8
    C. Arg 6,0, His 1,6, Leu 4,0
    D. Arg 4,3, His 1,5, Leu 3,5

14. Perhitungan Protein Effisiensi Ratio merupakan salah satu parameter untuk mengetahui mutu protein secara...
    A. Fisika
    B. Kimia
    C. Biologi
    D. Nutrisi

15. Kandungan protein pada pakan buatan untuk ikan nila sebaiknya adalah:
    A. 26-28 %
    B. 28-30 %
    C. 30-32 %
    D. 32-34 %

16. Jika unsur nutrisi ini tidak terdapat pada bahan baku pakan maka akan terjadi penurunan laju pertumbuhan dan retensi protein adalah:
    A. Protein
    B. Karbohidrat
    C. Lipid

D. Lemak

17. Bentuk karbohidrat yang tidak dapat dihidrolisis menjadi bentuk yang sederhana lagi adalah:
    A. Monosakarida
    B. Disakarida
    C. Polisakarida
    D. Tetrasakarida

18. Sumber energi yang paling mudah diserap di dalam sel dan masuk ke dalam darah adalah:
    A. Sukrosa
    B. Glukosa
    C. Maltosa
    D. Hexosa

19. Bentuk polisakarida yang banyak terdapat dalam bahan baku pakan antara lain adalah:
    A. Xylolosa
    B. Dextrin
    C. Glukosa
    D. Maltosa

20. Kecernaan karbohidrat pada ikan dapat dihitung dengan mengetahui adalah:
    A. Rasio amilopektin
    B. Rasio amilosa
    C. Rasio amilosa/amilopektin
    D. Rasio amilopektin/amilosa

21. Kebutuhan optimum karbohidrat dalam pakan ikan laut antara lain adalah:

A. 0-10 %

B. 10-20%

C. 20-30%

D. 30-40%

22. Senyawa organik yang tidak dapat larut dalam air tetapi dapat diekstraksi dengan pelarut nonpolar adalah:

A. Protein

B. Karbohidrat

C. Lipid

D. Serat kasar

23. Jika kandungan nutrisi kekurangan lipid maka ikan akan mengalami antara lain adalah:

A. Memperbaiki jaringan yang rusak

B. Memperbaiki integritas membran yang hidup

C. Meningkatkan pertumbuhan

D. Membantu kontraksi otot

24. Kelompok lipid yang jika di hidrolisis akan menghasilkan asam lemak dan alkohol adalah:

A. Lipid sederhana

B. Lipid kompleks

C. Lipid lengkap

D. Derivat lipid

25. Asam lemak essensial (EFA) yang sangat dibutuhkan dalam pakan ikan agar terjadi peningkatan pertumbuhan adalah:
   A. Asam lemak oleat dan asam lemak linolenat
   B. Asam lemak oleat dan asam lemak linoleat
   C. Asam lemak linolenat dan asam lemak linoleat
   D. Asam lemak oleat dan asam lemak eicosapentanoat

26. Kebutuhan asam lemak dalam komposisi pakan ikan sebaiknya adalah:
   A. 0,5-1,0%
   B. 1,0-1,5%
   C. 1,5-2,0%
   D. 2,0-2,5%

27. Senyawa organik dengan berat molekul yang rendah dengan komposisi fungsi yang beragam untuk makhluk hidup serta tidak dapat disintesis oleh tubuh adalah:
   A. Mineral
   B. Vitamin
   C. Lipid
   D. Karbohidrat

28. Senyawa anorganik yan sangat dibutuhkan untuk pembentukan tulang dan sisik adalah:
   A. Mineral
   B. Vitamin
   C. Lipid
   D. Karbohidrat

29. Vitamin yang larut dalam air antara lain adalah:

A. Vitamin A

B. Vitamin C

C. Vitamin D

D. Vitamin E

30. Kebutuhan ikan terhadap mineral biasanya berkisar antara yaitu:

A. 2-5%

B. 5-7%

C. 7-9%

D. 9-11%

31. Organ pencernaan pada udang berbeda dengan biota air lainnya yaitu letak lambung yang terdapat pada tubuhnya yaitu :

A. Kepala

B. Perut

C. Abdomen

D. Ekor

32. Mengapa biota air dapat mencerna makanannya sebelum masuk ke dalam lambung?.

A. Ada mulut di depan

B. Ada saliva yang berfungsi sebagai pelumas

C. Ada gigi yang berfungsi memotong

D. Ada lambung yang berfungsi menampung makanan

33. Bagaimanakah makanan yang dimakan bisa masuk ke dalam tubuh biota air?.

A. Proses pencernaan di lambung

B. Proses penyerapan di usus halus
C. Proses pemotongan di gigi
D. Proses pengunyahan di mulut

34. Kelompok biota air yang lebih menyukai pakan yang bahan bakunya berasal dari sumber hewani adalah:
    A. Herbivora
    B. Omnivora
    C. Karnivora
    D. Detritor

35. Kelompok biota air yang lebih menyukai pakan yang bahan bakunya berasal dari sumber nabati adalah:
    A. Herbivora
    B. Omnivora
    C. Karnivora
    D. Detritor

36. Jenis ikan yang termasuk dalam kelompok herbivora antara lain adalah:
    A. Grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*)
    B. Lele lokal (*Clarias batrachus*)
    C. Lele Amerika *(Ictalurus punctatus*)
    D. Ikan kakap (*Lates calcarifer*)

37. Jenis ikan omnivora mempunyai ukuran usus berapa kali panjang tubuhnya yaitu:
    A. 1-2 kali panjang tubuh
    B. 2-3 kali panjang tubuh

C. 3-4 kali panjang tubuh

D. 4-5 kali panjang tubuh

38. Proses penyerapan zat nutrisi melalui dinding usus halus selanjutnya memasuki lintasan proses penyerapan dan langsung menuju hati. Proses penyerapan tersebut adalah:

A. Sistem Hepatik

B. Sistem Limfatik

C. Sistem Portal Hepatik

D. Sistem Portal Limfatik

39. Makanan yang diserap oleh tubuh biota air akan mengalami proses penguraian zat nutrisi yang disebut dengan istilah...

A. Katabolisme

B. Anabolisme

C. Metabolisme

D. Amfibolik

40. Makanan yang dimakan oleh biota air akan menghasilkan energi. Untuk memperoleh energi tersebut maka dalam prosesnya harus masuk ke dalam siklus krebs. Proses tersebut adalah:

A. Katabolisme

B. Anabolisme

C. Metabolisme

D. Amfibolik

41. Zat nutrisi protein akan dipecah menjadi gugus yang sederhana dengan bantuan enzim menjadi ...

A. Glukosa

B. Asam amino

C. Gliserol

D. Asam lemak

42. Enzim yang berperan memecah karbohidrat menjadi gugus yang lebih sederhana adalah:

    A. Amilase

    B. Saliva

    C. Protease

    D. Lipase

43. Triglycerida dalam proses penyerapan lipid akan membentuk ..... karena lemak di dalam tubuh tidak dapat larut dalam air, adalah:

    A. Tri Acy Gliserol

    B. Chylomicron

    C. Kolesterol

    D. Lipoprotein

44. Metabolisme asam amino terjadi dalam tiga lintasan yaitu dua lintasan proses katabolisme dan satu lintasan proses anabolisme. Proses katabolisme yang terjadi adalah:

    A. Glikolisis

    B. Glukoneogenesis

    C. Glikogenesis

    D. Glukolisis

45. Zat nutrisi yang berperan sebagai Proten sparing Effect adalah:

    A. Protein

    B. Karbohidrat

C. Lipid

D. Vitamin

46. Energi total yang berasal dari bahan makanan yang dikonsumsi oleh biota air adalah:

A. Gross Energy

B. Digestible Energy

C. Metabolizable Energy

D. Net energy

47. Energi yang digunakan untuk kegiatan pembuangan hasil eksresi pada ikan herbivora adalah:

A. 10%

B. 15%

C. 20%

D. 25%

48. Energi yang diperoleh dari zat-zat mkanan sumber karbohidrat menghasilkan energi sebesar adalah:

A. 4 kkal/g

B. 6 kkal/g

C. 8 kkal/g

D. 10 kkal/g

49. Protein energi ratio (P/e) pada ikan konsumsi yang memberikan pertumbuhan yang optimal adalah:

A. 4-6

B. 6-8

C. 8-10

D. 10-12

50. Pemanfaatan energi yang digunakan untuk tumbuh dan berkembang biota air diperoleh dari:
A. Gross Energy
B. Digestible Energy
C. Metabolizable Energy
D. Net energy

51. Pemanfaatan energi yang diperoleh dari makanan akan dipergunakan sebagai energi yang dicerna adalah:
A. Gross Energy
B. Digestible Energy
C. Metabolizable Energy
D. Net energy

52. Pemanfaatan energi yang berasal dari makanan akan menghasilkan energi, energi yang dipergunakan untuk kegiatan metabolisme dan metabolic exrection adalah:
A. Gross Energy
B. Digestible Energy
C. Metabolizable Energy
D. Net energy

53. Jika pakan yang dikonsumsi oleh ikan memperoleh energi untuk satu gram protein DE adalah 80% maka energi yang berasal dari karbohidrat dan protein adalah:
A. 3,8 kkal/g dan 4,5 kkal/g
B. 3,8 kkal/g dan 4,0 kkal/g

C. 4,5 kkal/g dan 3,8 kkal/g

D. 4,0 kkal/g dan 3,8 kkal/g

54. Kebutuhan energi kotor yang dibutuhkan oleh ikan dari kelompok catfish dalam setiap gram pakan adalah:

A. 17,1 kkal

B. 18,1 kkal

C. 19,1 kkal

D. 20,1 kkal

55. Kebutuhan energi yang dapat dicerna pada ikan salmon dalam setiap gram pakan adalah:

A. 12,5 kkal

B. 13,5 kkal

C. 14,5 kkal

D. 15,5 kkal

56. Energi yang dibutuhkan ikan untuk proses pembuangan urine dan insang adalah:

A. 1-3%

B. 3-5%

C. 5-7%

D. 7-9%

57. Untuk aktivitas kegiatan harian seperti berenang, bernafas biota air membutuhkan energi yang disebut dengan istilah adalah:

A. Net Energy

B. Intake Energy

C. Heat Increment Energy

D. Metabolic Excretion

58. Distribusi energi untuk Heat Increment (HiE) atau dengan kata lain dalam proses fisiologis ikan yang disebut dengan Specific Dynamic Action yaitu energi yang diperlukan oleh ikan untuk aktivitas hidup harian ikan adalah:

A. 12,5%

B. 17,5%

C. 22,5%

D. 27,5%

59. Jumlah panas yang diperlukan untuk menaikkan temperatur satu gram air dari 14,5oC menjadi 15,5oC adalah:

A. 1 kalori

B. 1 kilokalori

C. 1 megakalori

D. 1 kilojoule

60. Energi terbesar dari komposisi bahan baku pakan berasal dari sumber bahan baku yang banyak mengandung..adalah:

A. Protein

B. Lipid

C. Karbohidrat

D. Vitamin

61. Bahan baku yang digunakan untuk membuat pakan ikan secara teknis antara lain adalah:

A. Tidak bergizi

B. Mengandung racun

C. Sesuai kebiasaan makan ikan

D. Daya cerna rendah

62. Persyaratan sosial ekonomis dalam memilih bahan baku pakan adalah:

A. Sulit diperoleh

B. Mudah diolah

C. Harganya mahal

D. Merupakan makanan pokok manusia

63. Bahan baku yang berasal dari hewan atau bagian-bagian tubuh hewan antara lain adalah:

A. Kedele

B. Silase

C. Jagung

D. Tapioka

64. Bahan baku yang berasal dari sumber nabati antara lain adalah:

A. Cacing

B. Silase

C. Tepung hati

D. Terigu

65. Jenis bahan baku yang berasal dari sumber limbah industri antara lain adalah:

A. Ampas tahu

B. Tepung ikan

C. Tepung kedele

D. Tepung jagung

66. Jenis bahan baku tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan daya tahan tubuh ikan yang diberikan pakan tersebut adalah:.

A. Mineral
B. Antibiotik
C. Vitamin
D. Antioksidan

67. Jumlah vitamin dan mineral yang dibutuhkan dalam komposisi bahan baku ikan pada saat membuat formulasi pakan adalah:

A. 2-5%
B. 5-7%
C. 7-9%
D. 9-11%

68. Zat antigenik yang dapat mencegah terjadinya oksidasi pada bahan baku pakan adalah:

A. Mineral
B. Antibiotik
C. Vitamin
D. Antioksidan

69. Dosis yang digunakan untuk mengurangi proses oksidasi pada bahan baku dengan menggunakan BHT adalah:

A. 100 ppm
B. 200 ppm
C. 300 ppm
D. 400 ppm

70. Bahan pengikat (Binder) yang biasa digunakan untuk membuat pakan antara lain adalah sebagai berikut kecuali:

A. Tepung kanji

B. Tepung terigu

C. Carboxy Methy Cellulose

D. Etoksikuin

71. Untuk meningkatkan kadar protein dalam pakan diperlukan bahan tambahan dalam bentuk antara lain adalah:

A. Asam lemak

B. Asam amino

C. Asam amino sintetik

D. Carboxy Metthy Cellulose

72. Jenis antioksidan yang dapat dipergunakan untuk membuat pakan antara lain adalah sebagai berikut kecuali:

A. CMC

B. BHA

C. BHT

D. Etoksikuin

73. Zat atau suatu jenis obat yang biasa ditambahkan dalam komposisi pakan untuk menyembuhkan ikan yang terserang penyakit oleh bakteri adalah:

A. Mineral

B. Antibiotik

C. Vitamin

D. Antioksidan

74. Jenis attractants sintetis yang digunakan untuk menambahkan aroma agar ikan terangsang untuk menkonsumsi pakan tersebut adalah:

A. Terasi udang

B. Kerang darah

C. Glysine

D. Cacing tanah

75. Pada konsumsi pakan ikan air laut untuk mempercepat kematangan gonad dibuat pakan buatan dalam bentuk pelet kolesterol. Zat apakah yang ditambahkan pada proses pembuatan pakan tersebut?.

A. Antibiotik

B. Glysin

C. Hormon

D. Antioksidan

76. Bahan baku lokal yang sangat banyak terdapat di Indonesia dan dapat dilakukan rekayasa untuk meningkatkan kadar proteinnya adalah:

A. Tepung ikan

B. Pollard

C. Tepung jagung

D. Vitamin

77. Kadar protein bahan baku akan menetukan kadar protein pakan. Berapakah kadar protein dari tepung ikan?.

A. 45-55%

B. 55-65%

C. 65-75%

D. 75-85%

78. Kadar protein bahan baku sumber nabati yang banyak terdapat di Indonesia sebagai bahan baku limbah industri adalah:

A. Dedak padi

B. Dedak gandum

C. Pollard

D. Terigu

79. Bahan baku nabati yang potensial untuk dikembangkan di Indonesia dan kadar proteinnya lebih dari 20% adalah:

A. Tepung terigu

B. Tepung biji kapas

C. Tepung daun lamtoro

D. Tepung pollard

80. Kadar protein dari bahan baku limbah industri pertanian yaitu ampas tahu adalah:

A. 20%-25%

B. 25%-30%

C. 30%-35%

D. 35%-40%

81. Kebutuhan ikan herbivora akan bahan baku sumber nabati yaitu jagung maksimal adalah:

A. 25%

B. 30%

C. 35%

D. 40%

82. Ikan karnivora dapat menggunakan bahan baku sumber nabati dalam bentuk tepung kedelai dengan maksimal penggunaan adalah:

A. 10%

B. 20%

C. 30%

D. 40%

83. Kebutuhan pakan udang dalam menggunakan bahan baku sumber hewani yaitu tepung ikan adalah:

A. 25%

B. 30%

C. 35%

D. 40%

84. Bahan baku yang banyak dipergunakan untuk membuat pakan ikan karnivora adalah:

A. Tepung jagung

B. Tepung ikan

C. Tepung tulang

D. Tepung daun

85. Parameter yang harus diukur untuk mengetahui daya cerna setiap bahan baku pakan adalah:

A. Karbohidrat

B. Lipid

C. Serat Kasar

D. Protein

86. Proses penguraian unsur organik kompleks terutama karbohidrat untuk menghasilkan energi melalui reaksi enzim yang dihasilkan oleh mokroorganisme adalah:
    A. Rekayasa bahan baku
    B. Fermentasi
    C. Inkubasi
    D. Mikrobial

87. Proses fermentasi yang substratnya larut atau tersuspensi di dalam fase cair adalah:
    A. Fermentasi
    B. Fermentasi medium padat
    C. Fermentasi medium cair
    D. Fermentasi medium gas

88. Salah satu produk rekayasa bahan baku yang menggunakan metode fermentasi dengan cara biologis dan kimiawi adalah:
    A. Tepung ikan
    B. Tepung kedele
    C. Silase
    D. Tepung jagung

89. Mikroorganisme yang digunakan untuk meningkatkan kadar protein jagung adalah:
    A. Bacillus sp
    B. Trichoderma viridis
    C. Rhizopus oligosporus

D. *Saccharomyces cereviceas*

90. Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan fermentasi kulit singkong agar terjadi peningkatan kadar protein dan kadar lemakya adalah:
    A. 3 hari
    B. 4 hari
    C. 5 hari
    D. 6 hari

Jawaban dari soal uji pengetahuan dalam bentuk pilihan ganda diskor dengan memberi angka 1 (satu) bagi setiap butir jawaban yang benar dan angka 0 (nol) bagi setiap butir soal yang salah. Pada soal di atas Skor total adalah 90. Skor yang diperoleh peserta didik untuk suatu perangkat tes pilihan ganda dihitung dengan rumus:

$$\text{Nilai peserta didik} = \frac{\text{Skor yang diperoleh peserta didik}}{\text{Skor total}} \times 100$$

Misalnya peserta didik mendapatkan skor 75, maka nilai peserta didik tersebut adalah (75 : 90) X 100 = 0, 8333 X 100 = 83,33

3. Psikomotor Skills

1. Tes Praktik

a. Penilaian keterampilan mengidentifikasi jenis-jenis bahan baku

No	Keterampilan yang dinilai	Skor	Rubrik
1	Cara menyiapkan alat dan bahan	3	- Menyiapkan alat dan bahn, - Meletakkan bahan sesuai, - Menimbang bahan baku dengan benar sesuai standar
		2	Ada dua aspek yang benar
		1	Ada satu aspek yang benar
2	Cara mengamati bahan baku	3	- Mengambil sampel bahan baku - Melakukan pengukuran kehalusan baha baku sesuai standar - Mencium aroma bahan baku - Mencatat hasil pengamatan
		2	Ada tiga aspek yang benar
		1	Ada dua aspek yang benar
3	Cara menilai sampel	3	- Membandingkan sampel dengan bahan standar - Sampel di letakkan dengan sampel stndar - Diamati warna, bau, ukuran - Sampel teridentifikasi
		2	Ada 3 aspek yang benar
		1	Ada 2 aspek yang benar

b. Penilaian keterampilan mengamati kecernaan pakan

No	Keterampilan yang dinilai	Skor	Rubrik
1	Cara menyiapkan alat dan bahan	3	- Menyiapkan alat dan bahan sesuai kebutuhan,

			- Membersihkan wadah sesuai standar, - Mengisi air wadah sesuai standar pemeliharaan benih - Memasang aerasi dan batu aerasi dengan benar sesuai standar
		2	Ada tiga aspek yang benar
		1	Ada dua aspek yang benar
2	Cara menghitung padat penebaran benih	3	- Melakukan seleksi benih sesuai standar - Menghitung padat penebaran benih sesuai stnadar - Menimbang biomasa dengan alat ukur yang benar - Mencatat hasil pengamatan
		2	Ada tiga aspek yang benar
		1	Ada dua aspek yang benar
3	Cara menghitung jumlah pakan	3	- Memilih pakan benih sesuai standar - Menghitung kebutuhan pakan selama pengamatan - Mencampur pakan dengan bahan Cr_2O_3 sesuai prosedur - Pakan di kemas sesuai kebutuhan benih
		2	Ada 3 aspek yang benar
		1	Ada 2 aspek yang benar
4.	Cara memelihara benih	3	- Memberikan pakan sehari tiga kali - Mengamati nafsu makan ikan - Mengamati jumlah pakan yang tidak termakan - Menghitung jumlah feses setia hari
		2	Ada 3 aspek yang benar
		1	Ada 2 aspek yang benar
5.	Cara menghitung daya cerna pakan	3	- Ada data biomassa - Ada data jumlah pakan - Ada data jumlah feses yang telah

			dikeringkan - Menghitung daya cerna
		2	Ada 3 aspek yang benar
		1	Ada 2 aspek yang benar

c. Penilaian keterampilan melakukan rekayasa bahan baku

No	Keterampilan yang dinilai	Skor	Rubrik
1	Cara menyiapkan alat dan bahan	3	- Menyiapkan alat dan bahan sesuai kebutuhan, - Meletakan peralatan dan bahan pada lahan parktik, - Perhitungan bahan dan inokulan dengan benar - Menimbang bahan dan inokulan dengan benar sesuai kebutuhan.
		2	Ada tiga aspek yang benar
		1	Ada dua aspek yang benar
2	Cara menyiapkan media fermentasi	3	- Menimbang bahan sesuai kebutuhan - Menimbang inokulan sesuai dosis - Melakukan perebusan sesuai standar - Mencatat hasil pengamatan
		2	Ada dua aspek yang benar
		1	Ada satu aspek yang benar
3	Cara melakukan fermentasi	3	- Bahan didinginkan sesuai prosedur - Bahan inokulan ditaburkan secara merata - Bahan disimpan pada suhu kamar selama 4 hari - Bahan rekayasa siap digunakan
		2	Ada 3 aspek yang benar
		1	Ada 2 aspek yang benar

4. Lembar Penilaian Projek

a. Kriteria Penilaian Proyek Melakukan rekayasa bahan baku pakan

Format Penilaian Proyek

Topik :
Nama Proyek :
Waktu Pelaksanaan :
Nama Peserta didik :
Kelas :

No.	Aspek	Skor
1	Perencanaan: a. Persiapan alat dan bahan b. Rancangan : - Gambar Rancangan - Alur kerja dan deskripsi - Cara penggunaan alat	30
2	Produk : - Bentuk Fisik - Inovasi	50
3	Laporan - Kebermanfaatan Laporan - Sistimatika Laporan - Penulisan Kesimpulan	20
TOTAL SKOR		100

b. Rubrik Penilaian Projek Melakukan rekayasa bahan baku

No.	Aspek	Rubrik
1	Perencanaan: Persiapan alat dan bahan	10. Jika alat dan bahan lengkap dan sesuai dengan gambar rancangan yang dipersiapkan 6. Jika alat dan bahan lengkap tetapi kurang sesuai dengan gambar rancangan yang dipersiapkan 2. Jika alat dan bahan kurang lengkap
	Rancangan : ▪ Gambar Rancangan ▪ Alur kerja dan deskripsi	20. Jika rancangan terdapat gambar rancangan, alur kerja dan cara penggunaan alat yang sesuai

	▪ Cara penggunaan alat	10. Jika rancangan terdapat gambar rancangan, alur kerja dan cara penggunaan alat tetapi kurang sesuai 5. Jika rancangan terdapat gambar rancangan, alur kerja dan cara penggunaan alat tetapi tidak lengkap
2	Bentuk Fisik Produk	30. Jika alat sesuai rancangan, bisa digunakan dan bentuk fisik kuat dan kokoh 20. Jika alatsesuai rancangan ,dan bisa digunakan 10. Jika alat kurang sesuai rancangan tetapi bisa digunakan
	Inovasi Produk:	20 . Alat dibuat dari bahan yang ada lingkungan rumah, dan menarik 10. Alat dibuat dari bahan yang ada lingkungan rumah, dan disain kurang menarik
3	Laporan ▪ Kebermanfaatan Laporan ▪ Kistamatika Laporan ▪ Kesimpulan	20. Kistamatika laporan sesuai dengan kriteria, isi laporan bermanfaat dan kesimpulan sesuai 10. Kistamatika laporan sesuai dengan kriteria, isi laporan kurang bermanfaat, kesimpulan kurang sesuai 5. Hanya satu aspek yang terpenuhi

5. Lembar Penilaian Portofolio

Pendidik mendokumentasikan dan menyimpan semua portofolio ke dalam map yang telah diberi identitas masing-masing peserta didik, menilai bersama peserta didik sebagai bahan laporan kepada orang tua dan sekolah pada setiap akhir semester.

`

Tugas dan rubrik merupakan instrumen dalam penilaian portofolio. Berikut ini akan diuraikan standar tugas dan rubrik pada penilaian portofolio.

Acuan Tugas Penilaian Portofolio

Tugas-tugas untuk pembuatan portofolio harus memenuhi beberapa kriteria berikut.

(a) Tugas sesuai dengan kompetensi dan tujuan pembelajaran yang akan diukur.
(b) Hasil karya peserta didik yang dijadikan portofolio berupa pekerjaan hasil tes, perilaku peserta didik sehari-hari, hasil tugas terstruktur, dokumentasi aktivitas peserta didik di luar sekolah yang menunjang kegiatan belajar.
(c) Tugas portofolio memuat aspek judul, tujuan pembelajaran, ruang lingkup belajar, uraian tugas, kriteria penilaian.
(d) Uraian tugas memuat kegiatan yang melatih peserta didik mengembangkan kompetensi dalam semua aspek (sikap, pengetahuan, keterampilan).
(e) Uraian tugas bersifat terbuka, dalam arti mengakomodasi dihasilkannya portofolio yang beragam isinya.
(f) Kalimat yang digunakan dalam uraian tugas menggunakan bahasa yang komunikatif dan mudah dilaksanakan.
(g) Alat dan bahan yang digunakan dalam penyelesaian tugas portofolio tersedia di lingkungan peserta didik dan mudah diperoleh.

Acuan Rubrik Penilaian Portofolio

Rubrik penilaian portofolio harus memenuhi kriteria berikut.

(1) Rubrik memuat indikator kunci dari kompetensi dasar yang akan dinilai penacapaiannya dengan portofolio.
(2) Rubrik memuat aspek-aspek penilaian yang macamnya relevan dengan isi tugas portofolio.
(3) Rubrik memuat kriteria kesempurnaan (tingkat, level) hasil tugas.

(4) Rubrik mudah untuk digunakan oleh guru dan peserta didik.

(5) Rubrik menggunakan bahasa yang lugas dan mudah dipahami.

A. KUNCI JAWABAN

No.	Jawaban	No.	Jawaban	No.	Jawaban
1.	B	31.	A	61.	C
2.	A	32.	B	62.	B
3.	C	33.	B	63.	B
4.	A	34.	C	64.	D
5.	C	35.	A	65.	A
6.	B	36.	A	66.	C
7.	C	37.	B	67.	A
8.	A	38.	C	68.	D
9.	B	39.	A	69.	B
10.	C	40.	D	70.	D
11.	A	41.	B	71.	B
12.	B	42.	A	72.	A
13.	D	43.	B	73.	B
14.	C	44.	B	74.	C
15.	B	45.	B	75.	B
16	B	46.	A	76.	C
17.	A	47.	B	77.	B
18.	B	48.	A	78.	A
19.	B	49.	C	79.	C
20.	C	50.	D	80.	A
21.	B	51.	B	81.	C
22.	C	52.	C	82.	B
23.	B	52.	A	83.	C
24.	A	54.	C	84.	B
25.	C	55.	B	85.	C
26.	A	56.	B	86.	C
27.	B	57.	C	87.	C
28.	A	58.	D	88.	C
29.	D	59.	B	89.	C
30.	A	60.	B	90.	B

Buku teks bahan ajar siswa Produksi Pakan Buatan satu ini membahas berbagai hal tentang menganalisis kebutuhan nutrisi berdasarkan jenis dan stadia biota air, menganalisis sistem fisiologi nutrisi biota air dan menganalisis jenis-jenis bahan baku pakan. Materi yang dipelajari pada buku teks bahan ajar siswa Produksi Pakan Buatan satu ini mendasari kegiatan yang akan dipelajari pada buku teks bahan ajar Produksi Pakan Buatan dua. Materi di semester satu ini meliputi zat-zat nutrisi yang terdiri dari protein, karbohidrat, lipid, vitamin dan mineral, kebutuhan zat nutrisi tersebut bagi biota air, sistem pencernaan biota air, proses metabolisme pada ikan, pemanfaatan energi atau bioenergetika pada ikan, distribusi energi tersebut, jenis-jenis bahan baku yang akan dipergunakan untuk membuat pakan, kandungan nutrisi dari bahan baku tersebut dan bagaimana upaya akuakulturis untuk melakukan rekayasa terhadap bahan baku yang banyak terdapat di Indonesia tetapi kandungan proteinnya rendah.

Produksi pakan buatan satu ini wajib dipahami oleh siswa SMK dengan Paket Keahlian Budidaya Ikan, Budidaya Krustasea, Budidaya Kekerangan dan Budidaya Rumput Laut. Kompetensi produksi pakan buatan sangat dibutuhkan bagi semua usaha budidaya di bidang perikanan dan kelautan, karena pakan buatan merupakan pakan yang dibuat oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan ikan dalam budidaya ikan secara intensif. Dengan membuat pakan kontinuitas pakan akan terjaga. Siswa SMK harus mampu memproduksi pakan buatan diharapkan siswa SMK mampu bekerja secara mandiri. Produksi pakan buatan sangat dibutuhkan untuk keberlangsungan usaha budidaya secara berkesinambungan.

DAFTAR PUSTAKA

Anggorodi, N.R. 1995. Nutrisi aneka ternak unggas. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.

Anonimous. 2007. Budidaya Fitoplankton dan Zooplankton. Balai Besar Pengembangan Budidaya Laut Lampung. Departemen Kelautan dan Perikanan.

Arinardi, O.H., A.B. Sutomo, S.A. Yusuf, Trianingnsih, E. Asnaryanti dan S. H. Riyono. 1997. Kisaran Kelimpahan dan Komposisi Plankton Predominan di Perairan Kawasan Timur Indonesia. P3O-LIPI. Jakarta.

Chumadi dkk. 1992. Pedoman Teknis Budidaya Pakan Alami Ikan dan Udang. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Pusat penelitian dan Pengembangan Perikanan. Jakarta.

Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. 2003. Peluang Usaha Budidaya *Artemia* di Tambak Garam. Departemen Kelautan dan Perikanan. Direktorat Jenderal Perikanan Budidaya. Balai Besar Pengembangan Budidaya Air Payau. Jepara.

Djangkaru,Z. 1973. Makanan Ikan. Direktorat Jendral Periakanan. Departemen pertanian. Jakarta.

Djarijah, S.A. 1995. Pakan Alami. Kanisius. Yogyakarta.

Davis, C.C. 1955. The Marine and Freshwater Plankton. Michigan state University Press. Chicago.

De Silva,S and T.A. Anderson. 1995. Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall, London.

Erlina, A. Hastuti, W. 1986. Kultur Plankton. INFIS Manual Seri No.38. Direktorat Jenderal Perikanan Bekerja sama dengan International Development Research Centre.

Effendi.M. 2013. Budidaya Cacing Rambut. http://mahmudmadawangi.blogspot.com/

Fairus, A.M.S, Gunawan,A dan Munandar DS. 2010. Budidaya Massal *Spirulina platensis* di perairan laut Jepara. Jurnal Simposium Bioteknologi Akuakultur. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Halver,J.E. 1997. Fish nutrition. National academy of scienes. Washington DC.

Hadadi, A. 2004. Budidaya Massal *Daphnia* sp. Balai Budidaya Air Tawar. Sukabumi.

Hirata, H., O. Murata, S. Yamada, H. Ishitani, M. Wachi, 1998. Probiotic culture of the rotifer *Brachionus plicatilis.* Hydrobiologia Journal. Volume 387/388: 495–498, Kluwer Academic Publishers. Printed in the Netherlands.

Hutabarat,Sahala. 1985 .Pengantar oceanografi. Universitas Indonesia Press: Jakarta.

Hutabarat, Sahala dan Stetwart M. Evans. 1986. Kunci Identifikasi Zooplankton. Universitas Indonesia Press: Jakarta.

Indira, A,M. 2011. Pemberian pakan alami (*Daphnia sp*) hasil pengkayaan dengan cairan rumen sapi untuk larva ikan betok (*Anabas testudineus* Blkr), kajian pengaruhnya pada peningkatan sintasan larva dan pergantian ke pakan butan. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Isnansetyo,A dan Kurniastuti. 1997. Teknik Kultur Phytoplankton dan Zooplankton. Kanisius. Yogyakarta.

Khairuman dan K. Amri. 2002. Membuat Pakan Ikan Konsumsi. Agromedia Pustaka. Jakarta.

Krisanti, M. (2012). Produktivitas larva Chironomidae pada substrat buatan di ke dalaman perairan dan kandungan bahan organik berbeda. Disertasi Pascasarjana IPB. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.

Kementrian Kelautan dan Perikanan. 2010. Produksi missal maggot untuk pakan ikan. http://www. KKP.go.id. [19 November 2011].

Lewis, T.E., Nichlos, P.D., Hart, P.R., Nichlos, D.S., T.A. McMeekin. 1998. *Enrichment* of rotifer (*Brachionus plicatilis*) with eicosapentaenoic and docosahexaenoic acid produced by bacteria. Journal of the World Aquacuture Society, 29, 313-318.

Purwareyni,A.U. 2002. Pengaruh dosis pengkayaan 0,6,7,8,9 & 10 ml/400 ml dan waktu dedah terhadap kinerja pertumbuhan *Artemia* sp. Skripsi. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.

Mudjiman, A. 1997. Makanan ikan. Penebar Swadaya. Jakarta.

Mustafa Hasan. 2000. Teknik Sampling. http:// home.unpar.ac.id. [14 April 2013]

M. Firdaus Sahwan, MM. 2002. Pakan Ikan dan Udang. Penebar Swadaya, Jakarta .

NRC (National Research Council). 1993. Nutrient Requirement of Fish. Warwater Fishes and Shellfish. National Academy of Sciencess. Washington DC.

Omori M and T. Ikeda. 1984. *Methods in Marine Zooplankton Ecology*. Jhon Wiley and Sons, Toronto. Canada : 332 hlm

Purba, T. 1995. Peningkatan Gizi Rotifer Pakan Larva Ikan Kerapu Macan. Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 17(1): 4-6.

Romimohtarto Kasijan dan Sri Juwana. 2001. *Biologi Laut*. Jakarta : Penerbit Djambatan. hlm 36-39

Sachlan, M. 1982. *Planktonologi*. Fakultas Peternakan dan Perikanan Universitas Diponegoro. Semarang.

Silmina,D, Edriani G, Puti,M. 2010. Efektifitas berbagai media budidaya terhadap pertumbuhan maggot Hermitia illucens. Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB. Bogor.

Steffens W. 1989. Principles of Fish Nutrition. Ellis Horwood Limited. John Wiley & Sons. England.

Stephen Goddard. 1996. Feed Management In : Intensive Aquaculture. Chapman & Hall, New York.

Supriyadi,M.A, Mursitorini,E, Jusadi D. 2006. Pengaruh Pengkayaan *Artemia* sp dengan EPA (asam ekosapentanoat, C 20: 5n-3) dan DHA (Asam Dokosahexanoat, C 22:6n-3) terhadap Survival Rate rajungan. Jurnal Akuakultur Indonesia 5(2): 119-126.

Tacon,A.G.J. 1987. The Nutrition and Feeding of Farmed Fish and Shrimp a Training Manual. FAO. Brazil.

Tacon,A.G.j. 1991. Proceeding of The Nutrition Workshop. American Soybeen Association. Singapore.

Takeuchi W. 1988. Fish Nutrition and mariculture. Departemen of aquatic Biosc. Tokyo University of Fisheries. JICA.

Tridayanti, S. 2000. Daur hidup dan pertumbuhan *Chironomus* sp. (*Chironomidae*: Diptera) pada kondisi laboratorium. Skripsi. Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Watanabe, T. 1979. *Nutritional Quality of Living Feeds Used in Seed Production of Fish.* Proc. Japan-Soviet Joint. Symp Agriculture 7.

Watanabe, T. 1988. Fish Nutrition and Mariculture. JICA Texbook The General Aquaculture Course. Kanagawa International Fisheries Training Centre Japan International Cooperation agency.

Wardhana Wisnu. 1997. *Teknik Sampling, Pengawetan dan Analisis Plankton*. [Jurnal] Jakarta : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia.

Wiadnyana Ngurah N dan Wagey. 2004. *Impacts of The Occurence of Red Tide Species to The Fisheries in Indonesia*. Jurnal Berkala Perikanan Terubuk. hlm 17-33.

Yulintine. 2012. Ekspresi gen elongase dan desaturase, serta pertumbuhan dan kelangsungan hidup larva ikan betok (*Anabas testudineus* Bloch) yang diberi rotifera hasil pengkayaan. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.